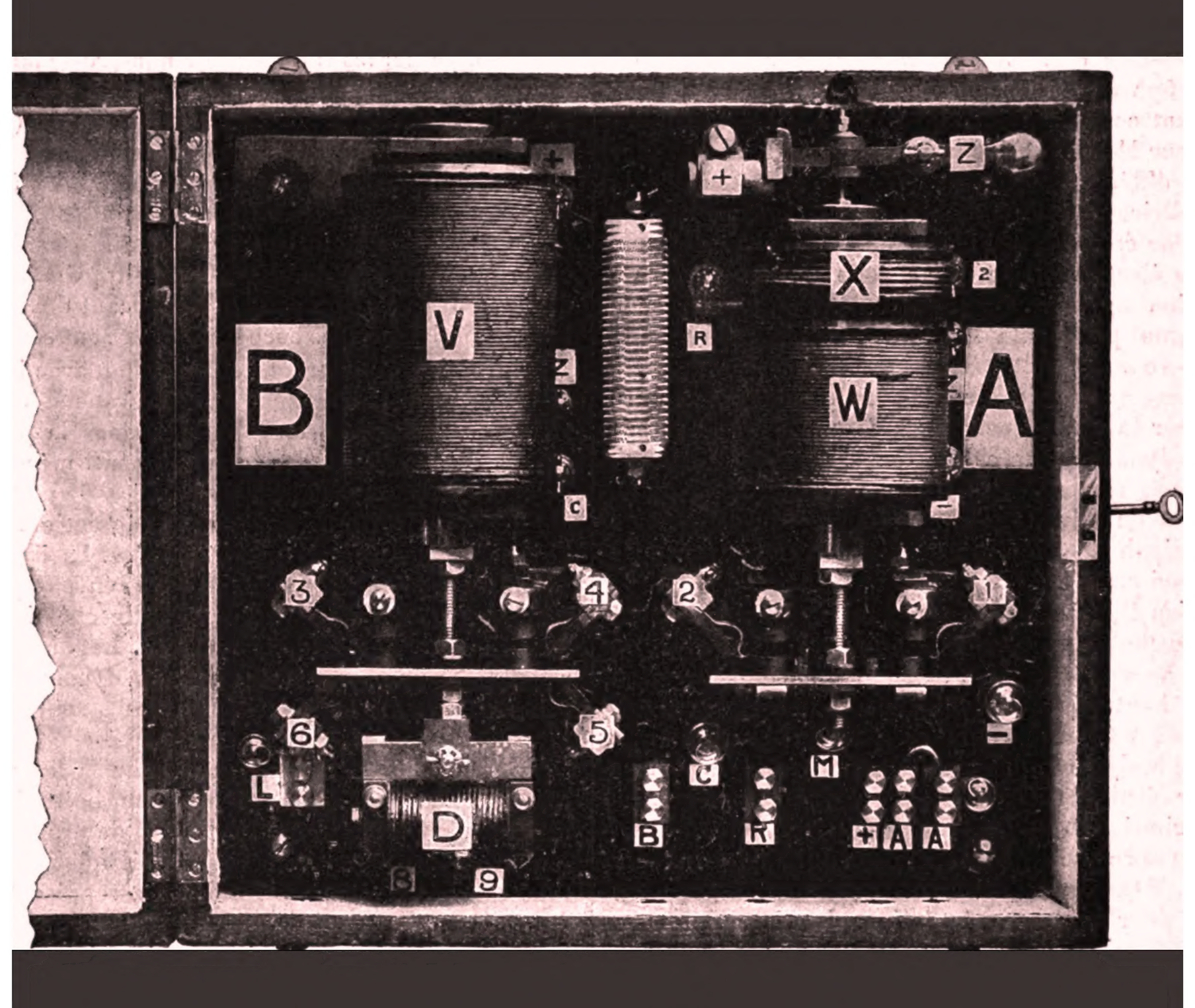
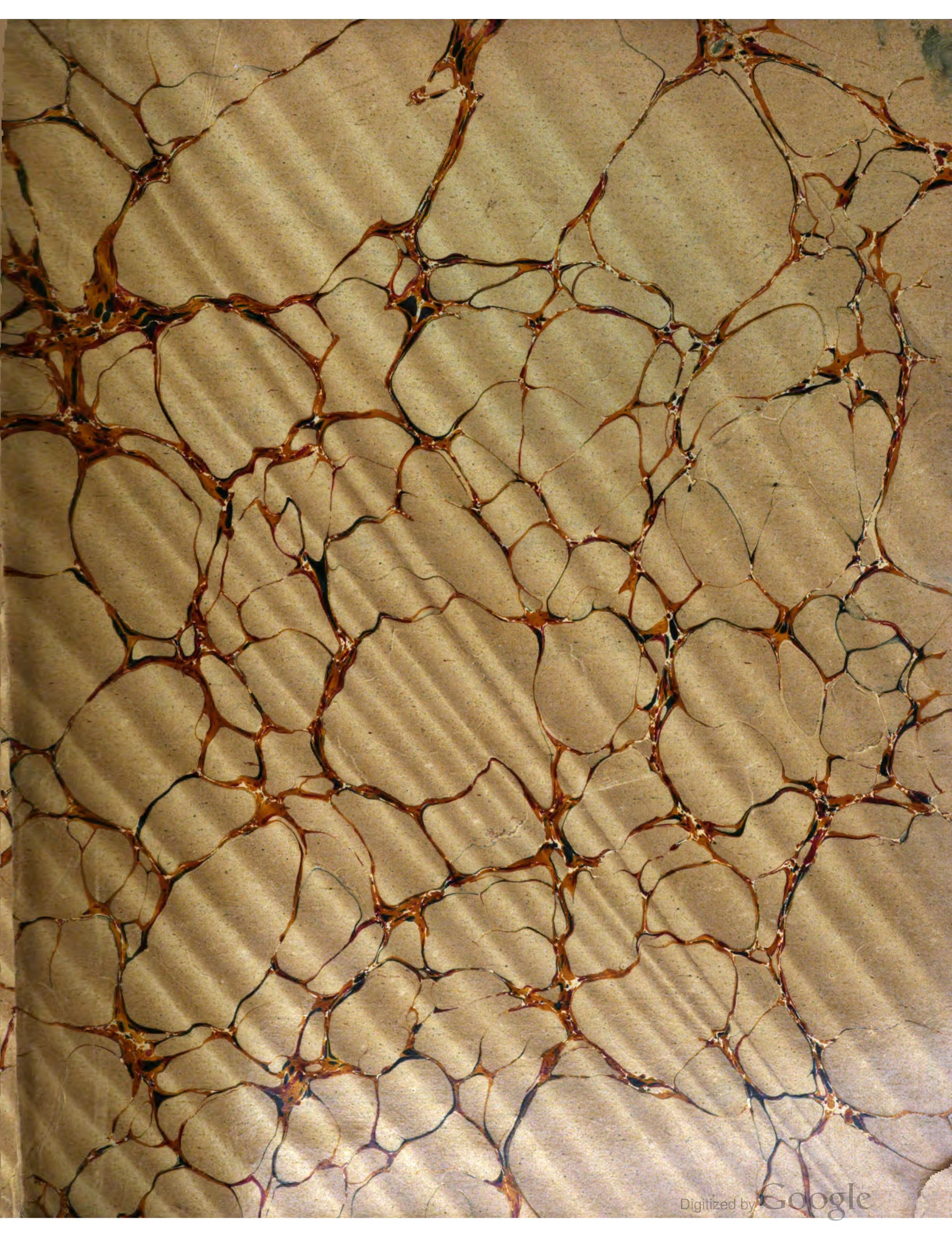


La Revue électrique

Union techniques
des syndicats de l'électricité


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE
Transferred to
GENERAL LIBRARY



LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

40217 Quai des Grands-Augustins, 55.

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, P. BOURGUIGNON, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

TOME VIII

Juillet-Décembre 1907.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1907

Tome VIII. **N° 85. — 15 juillet 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS ET ALTERNATEURS.

Sur les dynamos pour turbines à grande vitesse. Conférence faite à l'Electrotechnischer Verein de Prague, par L.-O. ADLER (*Electrotechnik und Maschinenbau,* t. XXV, 26 mai 1907, p. 406 et 407). — Le conférencier passe rapidement en revue les différentes dispositions des ensembles turbo-générateurs et particulièrement la disposition horizontale des turbines Parsons, Rateau, Zœlly et A. E. G, la disposition verticale de la G. E. C° et de Thuay, la dynamo double de la Société de Laval et la commande par courroie de la turbine Elecktra.

Il parle ensuite des difficultés de construction, créées principalement par la force centrifuge considérable des pièces en mouvement et qui détruit ou déplace les isolants. A l'aide des formules simples : $v = \frac{d\pi u}{60}$, $c = \frac{kw}{d^2 lu}$, fréquence $= \frac{up}{60}$, il montre que pour des nombres de tours croissant le diamètre d de la partie tournante doit être choisi de plus en plus petit pour ne pas dépasser une vitesse circonférencielle de 120^m par seconde. La deuxième formule montre que la longueur l devient très importante et beaucoup plus grande relativement que dans les machines ordinaires. La troisième formule donne le nombre de pôles à placer sur la machine, lequel doit être beaucoup plus petit que le nombre de pôles des machines de construction courante. Pour la fréquence 50, en effet, et un nombre de pôles égal à 2, la plus grande vitesse est égale à 3000 tours par minute.

A l'aide de projections le conférencier montre ensuite les détails de construction des dynamos à grande vitesse et insiste sur l'équilibrage parfait à réaliser, les soins à apporter à l'établissement des paliers, le choix des balais captant le courant; ils ne doivent pas attaquer ou user d'une manière exagérée les anneaux ou collecteurs, ils ne doivent pas non plus vibrer de manière à quitter le contact.

A côté de la construction mécanique exacte et soignée, ces machines doivent remplir encore deux conditions importantes : elles doivent être suffisamment ventilées et avoir un fonctionnement sans bruit. Le conférencier parle des différents modes de refroidissement habituellement employés tels que : ventilation naturelle adoptée par Brown Boveri et Cie, la ventilation obtenue par circulation d'air créé artificiellement par un ventilateur, séparé comme c'est le cas pour une turbine de 1000 chevaux à courants triphasés de la Siemens-Schuckert livrée à la Société d'Électricité de Vienne, le refroidissement par circulation d'eau de l'A. E. G. et finalement le refroidissement par l'huile proposé par Niethammer.

Le conférencier parle ensuite des conditions à remplir pour obtenir une marche sans bruit et indique que le bruit est le plus souvent causé par une mauvaise disposition du courant d'air de ventilation et attire l'attention des constructeurs sur ce point.

En ce qui concerne les dynamos à courant continu

pour turbines à grande vitesse, la plus grande difficulté est de réaliser une tension de réactance dans les limites admissibles de 2^{volts} à 3^{volts} pour obtenir un fonctionnement sans étincelles. Dans la formule pour la tension de réactance des générateurs à grande vitesse, il faut tenir compte de la grande fréquence de la commutation; le courant par ligne de balais est très grand par suite du petit nombre de pôles que l'on est amené à adopter; le coefficient de self-induction peut être tenu assez petit, mais malgré cela il est difficile de réaliser une tension de réactance inférieure à 10^{volts}. Il est donc nécessaire de prévoir des dispositifs spéciaux pour assurer la commutation. Les plus importants de ces moyens et les plus employés sont : l'adjonction de pôles auxiliaires, la construction avec enroulement de compensation.

Il est encore possible de supprimer complètement la difficulté de la commutation par l'emploi de la dynamo unipolaire qui elle-même a d'autres défauts importants.

Pour terminer, M. Adler attire l'attention des auditeurs sur l'importance extraordinaire d'une exécution soignée, principalement en ce qui concerne l'isolation des circuits de la partie tournante qui forme la partie la moins robuste de ces machines. E. B.

Sur l'influence de l'emploi des tôles d'acier spécial dans la construction des transformateurs, par R. POHL (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 13 juin 1907, p. 603 à 607). — L'auteur essaie de prouver que, pour un même échauffement, l'emploi des tôles d'acier spécial pour la construction des transformateurs a pour résultat une augmentation du rendement et aussi, malgré l'augmentation du prix unitaire de la matière, une diminution du poids et du prix total. L'emploi de ces tôles permet d'abaisser la valeur la plus favorable du rapport : poids de fer sur poids de cuivre, de trois à deux ; d'augmenter considérablement l'épaisseur de tôle la plus favorable, d'augmenter aussi la valeur de $\mathcal{B}$ et, par suite, de diminuer les dimensions et le poids.

Les propriétés caractéristiques de ces tôles spéciales, comparées à celles des tôles de fer doux employées jusque maintenant par les constructeurs de transformateurs, sont principalement : leur haute résistance spécifique (environ 0,50) et par là les très faibles pertes par courants de Foucault et en même temps un plus petit coefficient d'hystérésis. Les pertes totales à 50 périodes sont, avec même saturation, environ la moitié de celles dans les tôles de fer doux. En ce qui concerne leur perméabilité, elle est beaucoup plus élevée que celle des tôles de fer jusqu'à la valeur de $\mathcal{B} = 10000$; elle est, au contraire, plus basse pour des saturations supérieures. Le principal défaut de ces tôles réside dans leur prix élevé égal à deux fois et demie celui des tôles ordinaires, et c'est ce défaut qui en limite l'emploi, car il n'y a pas lieu de modifier l'étude et la construction d'un matériel donné si, pour des qualités égales, le prix de revient n'est pas diminué, ou si, pour un prix de revient égal, le matériel n'a pas acquis des qualités nouvelles.

L'auteur prouve dans ce qui suit, au moyen de projets comparatifs, que, en ce qui concerne la construction des transformateurs, ces conditions sont parfaitement remplies, malgré l'augmentation de prix de la matière brute.

Un transformateur monophasé, à noyaux, de 50 kilowatts et de rapport de transformation moyen doit être calculé en prévision de l'emploi de tôles ordinaires et ensuite de tôles spéciales.

Dans les deux cas les dimensions les plus favorables seront déterminées à l'aide des formules de Bohle (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1905, p. 897) et de l'auteur. Les deux transformateurs doivent avoir même surface de refroidissement par watt à dissiper. En ce qui concerne la supériorité de l'un ou de l'autre projet, la valeur du rendement décidera, ainsi que le prix que nous supposerons proportionnel au prix des matières. Ensuite on comparera les courants magnétisants et courants à vide, et les dimensions en poids.

Les propriétés magnétiques des tôles spéciales sont données par les figures 1 et 2. Les courbes de la figure 1

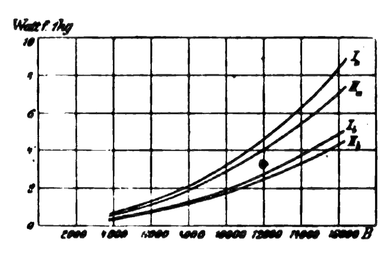


Fig. 1.

I_a épais. $0^{mm},25$, 75 pér. II_a épais. $0^{mm},35$, 75 pér.
I_b » $0^{mm},5$, 50 » II_b » $0^{mm},35$, 50 »

donnent les pertes totales pour 1^{kg} de tôles spéciales (hystérésis et courants de Foucault) de 75 à 50 périodes pour des épaisseurs de $0^{mm},35$ à $0^{mm},5$ en fonction de l'induction. Les courbes de la figure 2 donnent les valeurs de $\frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$ et de la perméabilité.

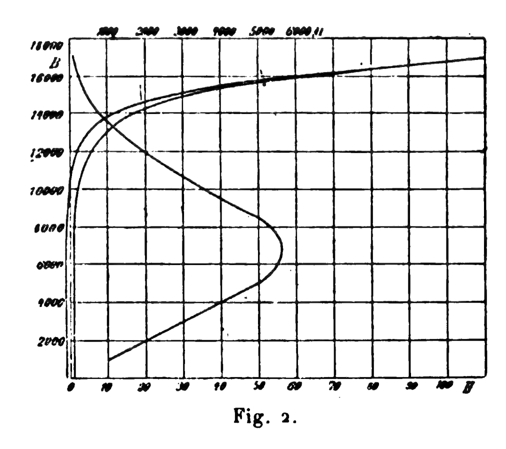


Fig. 2.

Les figures 3 et 4 donnent les mêmes courbes pour des tôles ordinaires pour dynamos.

Comme les pertes par courants de Foucault sont

faibles par rapport aux pertes par hystérésis dans les tôles spéciales, il n'est pas nécessaire d'employer des

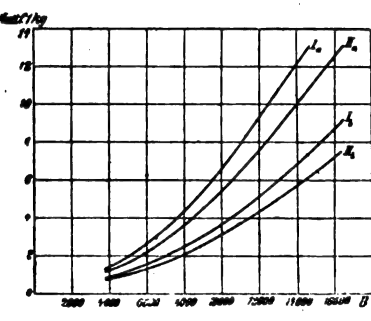


Fig. 3.

tôles d'aussi faible épaisseur que les tôles ordinaires; l'auteur recommande l'emploi de tôles spéciales de

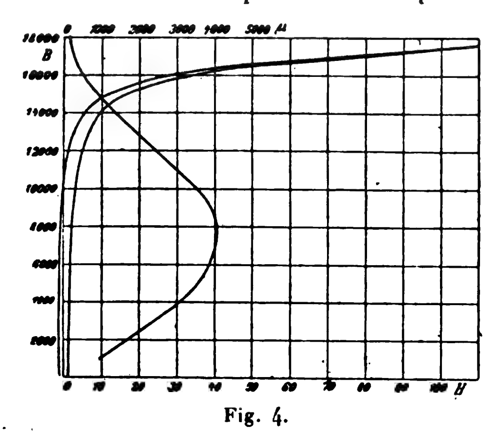


Fig. 4.

$0^{mm},5$ d'épaisseur et de tôles ordinaires de $0^{mm},35$ d'épaisseur. Les courbes à consulter seront donc la courbe I*b* de la figure 1 et la courbe II*b* de la figure 3.

Si nous écrivons

$$\text{Pertes par kilogramme de fer} = k_2 \mathfrak{B}^2,$$

nous tirerons des courbes ci-dessus deux séries de valeurs de k_2 représentées par les courbes de la figure 5.

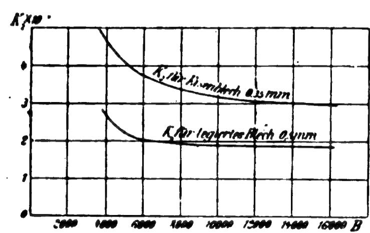


Fig. 5.

Si nous écrivons de même

$$\text{Pertes dans le cuivre} = k_1 s^2,$$

s étant la densité de courant par millimètre carré, on a

$$k_1 = 2,6.$$

Cette valeur correspond à une augmentation de résistance de 16 pour 100 (40°) par l'échauffement et de 15 pour 100 par les courants de Foucault.

Nous prendrons comme valeurs de k_2 pour le fer :

$k_2 = 3,36.10^{-8}(\mathfrak{B} = 8000)$ pour les tôles ordinaires,
$k_2 = 1,9\ .10^{-8}(\mathfrak{B} = 10000)$ » » spéciales.

Le rapport des poids de matière $k_3 = \dfrac{\text{poids de fer}}{\text{poids de cuivre}}$ a une grande importance. D'après ses travaux antérieurs l'auteur a trouvé qu'on devait avoir :

$$k_3 = \frac{\text{prix de } 1^{kg} \text{ de cuivre isolé}}{\text{prix de } 1^{kg} \text{ de tôles découpées}} = \frac{\text{poids de fer}}{\text{poids de cuivre}}.$$

Le prix total du cuivre doit être égal au prix total du fer, et, par suite de l'emploi des tôles spéciales (de prix élevé), le rapport k_3 doit être beaucoup diminué.

Nous supposerons que le prix du cuivre sera égal à 1,85 par kilogramme, le prix de 1^{kg} de tôles spéciales égal à 0,75 et de tôles ordinaires égal à 0,30. Nous supposerons que ces prix doivent être augmentés de 0,25 pour poinçonnage, chutes, etc. On doit donc avoir :

$$\text{Pour tôles ordinaires.}\quad k_3 = \frac{1,85}{0,55} = 3 \text{ (environ)}$$

$$\text{» spéciales..}\quad k_3 = \frac{1,85}{1} = 2 \text{ (environ)}$$

Pour les facteurs de remplissage du fer et du cuivre, nous poserons

$$f_e = \frac{\text{section réelle de fer}}{\pi \frac{d^2}{4}},$$

$$f_c = \frac{\text{section réelle de cuivre}}{d_1 h};$$

ces deux facteurs seront égaux pour les deux sortes de

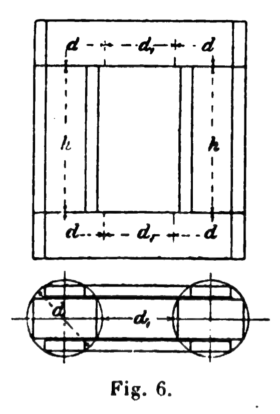


Fig. 6.

fer. Les dimensions du transformateur sont représentées par la figure 6 et nous poserons

$$f_e = 0,67,$$
$$f_c = 0,35.$$

La surface de refroidissement sera égale dans les deux cas à $22^{cm^2},5$ par watt. Comme le transformateur con-

struit avec les tôles spéciales travaillera avec une induction plus élevée, ses dimensions seront plus faibles, et, par suite, il devra avoir un rendement plus élevé que le transformateur établi avec les tôles ordinaires; nous établirons donc le projet avec les rendements 97,5, 97,75, 98 dans le premier cas et 97, 97,25 et 97,5 dans le second.

Pour le calcul on a utilisé les trois facteurs

$$\alpha = \frac{5,7.10^8 k\text{VA}}{c f_c f_e},$$

$$\beta = \frac{k_3 w_v}{0,012 f_e}\sqrt{\frac{p_c \times p_e}{k_1 k_2 k_3}},$$

$$\gamma = \frac{w_v}{0,028 f_c}\sqrt{\frac{p_c \times p_e}{k_1 k_2 k_3}},$$

où

c nombre de périodes = 50;

w_v perte totale en watts;

$p_c = p_e$ perte proportionnelle en pour 100 dans le cuivre et dans le fer = 0,50;

α est indépendant du rendement et égal à $24,4.10^8$.

On a pour des tôles de fer ordinaires :

η.............	97	$97\frac{1}{4}$	$97\frac{1}{2}$
w_v (environ)...	1500	1375	1250
β.............	$5,45.10^8$	5.10^8	$4,55.10^8$
γ.............	$1,5.10^8$	$1,38.10^8$	$1,25.10^8$

et pour les tôles spéciales :

η.............	97,5	97,75	98
w_v.............	1250	1125	1000
β.............	$4,95.10^8$	$4,36.10^8$	$3,96.10^8$
γ.............	$2,03.10^8$	$1,83.10^8$	$1,62.10^8$

A l'aide des rapports

$$d_1 = 2d\left(\frac{\gamma}{\alpha}d - 1\right)$$

et

$$s\mathfrak{M} = \frac{\beta - \dfrac{\alpha}{d_1}}{2\dfrac{\gamma}{\alpha}d^4},$$

nous calculerons, pour différentes valeurs de d, les valeurs correspondantes de $s\mathfrak{M}$ dont la valeur maxima donnera le transformateur le meilleur marché pour le rendement considéré.

Nous obtenons ainsi les deux Tableaux ci-dessous :

Transformateurs en tôles ordinaires.

η = 97 pour 100.			η = 97,25 pour 100.			η = 97,5 pour 100.		
d.	d_1.	$s\mathfrak{M}$.	d.	d_1.	$s\mathfrak{M}$.	d	d_1.	$s\mathfrak{M}$.
19	6,15	9300	20	4,9	0	22	5,4	0
19,5	7,5	12200	21	7,65	8250	24	10,25	6750
20	8,9	13200	22	10,3	9900	25	13,9	7050
21	12	14200	22,5	12,1	10030	26	17,2	6680
22	15,2	13350	23	13,55	10000	28	24,1	5700
			24	16,8	9530			

Transformateurs en tôles spéciales.

η = 97,5 pour 100.			η = 97,75 pour 100.			η = 98 pour 100.		
d.	d_1.	$s\mathfrak{M}$.	d.	d_1.	$s\mathfrak{M}$.	d.	d_1.	$s\mathfrak{M}$.
15	7,2	18500	16	6,4	5380	18	6,85	2750
16	10,3	23700	17	9,35	13900	19	9,7	8350
17	13,9	23000	18	12,6	15400	20	12,8	9670
18	17,65	20400	19	16,3	14400	21	16,4	9650
19	22	17700	20	20	13070	22	20	8900

Les courbes des figures 7 et 8 sont tracées à l'aide des chiffres ci-dessus, les points reliés par les lignes

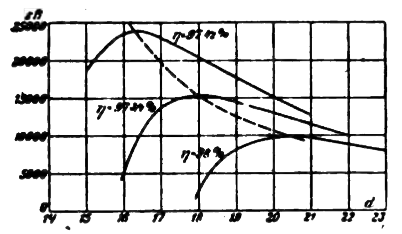


Fig. 7. — Transformateur en tôles spéciales.

ponctuées donnent les valeurs de d, d_1 et h les plus favorables, la surface de refroidissement étant imposée.

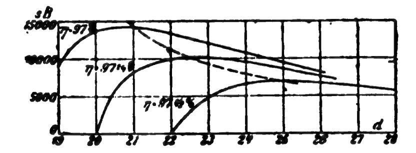


Fig. 8. — Transformateur en tôles ordinaires.

La surface totale de refroidissement est égale à la surface extérieure du fer plus la surface extérieure des enroulements.

La surface de refroidissement du fer est

$$2c_k d(h + d_1 + 2d),$$

c_k étant un facteur dépendant de la forme du noyau, ici égal à 4,4.

La surface de refroidissement du cuivre est

$$2\left[(d+d_1)\pi h + 2\left(d + \frac{d_1}{2}\right)\pi\frac{d_1}{2}\right]$$
$$= 2\pi\left[(d+d_1)h + \left(d + \frac{d_1}{2}\right)d_1\right].$$

La surface totale est donc

$$S = 2c_k d(h + d_1 + 2d) + 2\pi\left[(d+d_1)h + \left(d + \frac{d_1}{2}\right)d_1\right].$$

A l'aide de cette expression on peut construire les courbes des figures 9 et 10, qui donnent les valeurs

de d, d_1, h pour différents rendements et différentes valeurs de la surface de refroidissement, en établissant les Tableaux ci-dessous :

Transformateur avec tôles ordinaires (valeurs maxima).

	d.	d_1.	$s\mathfrak{B}$.	h.	SURFACE de refroidissement en cm². Cuivre	Fer.	Totale.	SURF. par watt.	POIDS de cuivre en kgs.
$\eta = 97$ ...	21	12	14200	32,5	16000	8750	24750	16,5	103,5
$\eta = 97,25$.	22,5	12,1	10030	39	19000	10600	29600	21,5	132
$\eta = 97,5$..	25	14	7060	40	22800	12600	35400	28,3	176

Transformateur avec tôles spéciales (valeurs maxima).

	d.	d_1.	$s\mathfrak{B}$.	h.	SURFACE de refroidissement en cm². Cuivre.	Fer.	Totale.	SURF. par watt.	POIDS de cuivre en kgs.
$\eta = 97,5$..	16,3	11,5	23800	34	7450	11150	18600	14,9	84
$\eta = 97,75$.	18	12,6	15400	39	9500	14000	23500	20,9	117
$\eta = 98$ ...	20,5	14,75	9800	40	11400	17300	28700	28,7	161

Il nous suffit de tirer une droite pour $22^{cm^2},5$ par watt pour obtenir les valeurs du rendement, de d, d_1, h et $s\mathfrak{B}$, d'où nous tirerons s, $\mathfrak{B}$, les poids G_c et G_e du cuivre et du fer et le prix total de la matière active. Ce prix est toujours égal au double du prix du cuivre :

$$P = 2 \times 1,85\, G_e.$$

Nous obtenons donc comme transformateur le plus favorable pour une surface de refroidissement de $22^{cm^2},5$ par watt :

	Tôles ordinaires.	Tôles spéciales.
η..........	97,3 pour 100	97,8 pour 100
d..........	23^{cm}	19^{cm}
d_1..........	$12^{cm},5$	$12^{cm},5$
h..........	$39^{cm},5$	39^{cm}
s..........	1,35 amp. : mm²	1,32 amp. : mm²
$\mathfrak{B}$..........	7000	10600
G_e..........	$141^{kg},5$	$120^{kg},5$
P_e..........	525	445
G_c..........	$424^{kg},5$	241^{kg}
$G_e + G_c$....	566^{kg}	$361^{kg},5$

Ces résultats sont intéressants à plusieurs points de vue et sont nettement à l'avantage des tôles spéciales. En effet, leur emploi conduit à un meilleur rendement avec un prix de matières moins élevé, malgré l'augmentation du prix unitaire de cette matière. La diminution du poids total est également importante, l'augmentation d'épaisseur des tôles a également pour conséquence une diminution du prix de fabrication. Les dimensions plus faibles du transformateur ont également pour résultat une diminution du poids et du prix de la caisse à huile et du poids d'huile à employer dans le cas où le transformateur doit fonctionner dans l'huile. Il en résulte encore une diminution de frais d'emballage et d'envoi, ainsi que de frais de douane, ce qui dans certains cas est très important.

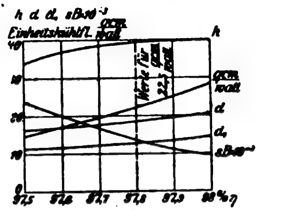


Fig. 9. — Transformateur en tôles ordinaires, valeurs maxima.

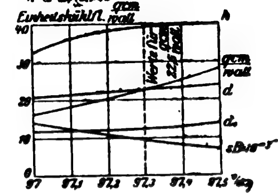


Fig. 10. — Transformateur en tôles spéciales, valeurs maxima.

Le rendement plus élevé du transformateur a une grande importance pour l'acheteur; ainsi, par exemple, pour un prix de $0^{fr},10$, le kilowatt-heure et une diminution des pertes égale à 190 watts, il en résulte une économie de

$$0,1 \times 365 \times 24 \times \frac{190}{1000} = 166^{fr}.$$

Si nous comparons maintenant le courant à vide pris dans les deux cas,

$$i_0 = \sqrt{i_e^2 + i_m^2},$$

la composante wattée i_e de ce courant est plus faible dans le cas de tôles spéciales, 1,1 pour 100 du courant de pleine charge contre 1,35 pour 100 dans le cas des tôles ordinaires. En ce qui concerne le courant magnétisant, la perméabilité des tôles spéciales pour $\mathfrak{B} = 10600$ est égale à $\mu = 3100$ et pour les tôles ordinaires, pour $\mathfrak{B} = 7000$, $\mu = 4000$. En tenant compte des joints, le courant magnétisant est égal à 4 pour 100 du courant total contre 2,5 pour 100 dans le cas des tôles ordinaires et, par suite, les courants à vide sont 4,2 pour 100 et 2,8 pour 100 du courant total.

Au point de vue de la dispersion, les deux transformateurs sont équivalents, leurs dimensions étant très voisines.

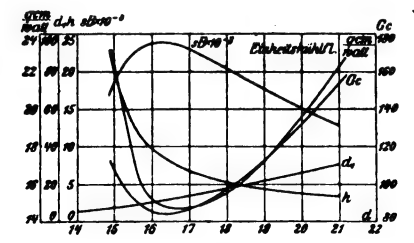


Fig. 11. — Transformateur en tôles spéciales, $\eta = 97,520$.

Nous avons vu qu'on était conduit à augmenter le rendement du transformateur construit à l'aide de tôles

1..

spéciales, parce que la surface de refroidissement diminuait en même temps que les dimensions. Par un choix convenable du rapport de ces dimensions, il est possible d'augmenter la surface de refroidissement et, par suite, pour une même surface par watt, établir un transformateur en tôles spéciales de même rendement qu'un transformateur donné construit en tôles ordinaires.

L'auteur établit le Tableau ci-dessous :

Transformateur en tôles spéciales, $\eta = 97,5$ pour 100.

d.	d_1.	$s\mathfrak{N}$.	h.	SURFACE de refroidissement en cm². Cuivre.	Fer.	Totale.	SURFACE par watt.	POIDS Cu.
15	7,2	18500	81,75	12250	15700	27950	22,3	107
15,5	8,85	23000	51,5	8750	12270	21020	16,8	86
16	10,3	23700	39	7800	11500	19300	15,4	84
17	13,9	23000	26,5	7250	11150	18400	14,8	87
18	17,65	20400	21	7680	11800	19480	15,6	97,7
19	22	17000	17,5	8640	12950	21590	17,2	113
21	31	12900	13,9	11650	16200	27850	22,3	154

Les courbes de la figure 11 ont été tracées à l'aide de ce Tableau.

Nous voyons que nous sommes en état d'établir deux transformateurs ayant un rendement égal à 97,5 pour 100 et une surface de refroidissement égale à $22^{cm^2},3$ par watt, ayant les dimensions ci-dessous :

1° $d = 15$, $d_1 = 7,2$, $h = 82$;
2° $d = 21$, $d_1 = 31$, $h = 14$;

le premier avec noyaux très longs, le second avec noyaux très courts. Le prix seul peut décider quel est celui qui mérite la préférence. Le prix étant proportionnel au poids du cuivre, nous voyons que le premier est le plus avantageux puisqu'il demande 107^{kg} de cuivre contre 154^{kg} que demande le deuxième. Il est prouvé en effet depuis longtemps que les transformateurs à longs noyaux sont moins coûteux que les autres.

Pour profiter de tous les avantages des tôles spéciales, on est donc conduit à modifier complètement les dimensions des transformateurs et peu de constructeurs peuvent se résoudre à modifier complètement une série de modèles établie et ayant fait ses preuves; aussi beaucoup de constructeurs remplacent-ils simplement les tôles ordinaires de leurs transformateurs par des tôles spéciales, toutes les dimensions restant constantes. Si l'on applique ce procédé sur un transformateur ayant normalement un rendement de 97,3 pour 100, on augmente le prix du fer de 80 pour 100 environ et le prix total de la matière active de 40 pour 100 environ. Pour la même charge, c'est-à-dire pour la même valeur de $\mathfrak{N}$, le transformateur a une perte beaucoup plus faible dans le fer, soit 385 watts contre 675 watts. Le rendement passe de 97,3 à 97,9 pour 100 et il atteint 98 pour 100 à $\frac{3}{4}$ de charge. L'économie annuelle qui en résulte est, pour un prix de $0^{fr},10$ le kilowatt-heure,

$$0,1 \times 365 \times 24 \times \frac{290}{1000} = 254^{fr}.$$

La surface de refroidissement par watt est passée en même temps de $22^{cm^2},5$ à $28^{cm^2},6$.

Si une faible perte à vide n'est pas imposée, la puissance du transformateur peut être augmentée dans d'assez fortes proportions si l'on augmente la valeur de $\mathfrak{N}$ jusqu'à obtenir une perte à vide égale à ce qu'elle était avec les tôles ordinaires, et, par suite, avec une même surface de refroidissement par watt. La valeur de $\mathfrak{N}$ passe donc de 7000 à 9600; nous obtenons ainsi une augmentation de puissance de 37 pour 100 et le rendement passe de 97,3 à 98 pour 100.

Ces résultats doivent donc conduire à l'emploi des tôles spéciales ([1]) pour la construction des transformateurs.

E. B.

ACCUMULATEURS.

Rendement des batteries-tampons employées sur réseau à courant alternatif, par L. SCHRŒDER (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 20 juin 1907, p. 620). — L'auteur donne les résultats de mesures effectuées sur l'installation de Karlsfund, décrite dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1906, p. 1045 à 1049 (*Revue électrique*, 30 décembre 1906).

Les pertes dans cette installation peuvent se décomposer comme suit :

1. Pertes à vide du moteur générateur, y compris le transformateur auxiliaire et la machine excitatrice du générateur triphasé.

2. Perte dans l'enroulement d'excitation du côté courant continu du moteur générateur.

3. Perte dans le moteur générateur se produisant par la charge et décharge.

4. Perte dans l'excitation du transformateur auxiliaire.

5. Perte dans le circuit alimenté par le transformateur série.

Les mesures ont donné les résultats suivants :

1° Perte à vide du moteur générateur, y compris le transformateur auxiliaire. Soit un courant de 2 ampères par phase sous 1000 volts ou

$$1000 \text{ volts} \times 2 \times \sqrt{3} = 3,46 \text{ kilowatts}.$$

2° Perte dans l'excitation du moteur générateur, 2,50 ampères sous 255 volts :

$$\frac{255 \times 2,5}{1000} = 0,64 \text{ kilowatt}.$$

3° Perte dans le moteur générateur produite par le débit de ce groupe.

([1]) D'après Kapp, la constitution des tôles spéciales est la suivante : carbone, 0,03 pour 100; silicium, 3,4 pour 100; soufre, 0,04 pour 100; phosphore, 0,01 pour 100; manganèse, 0,32 pour 100, et fer, 96,2 pour 100.

La puissance fournie au réseau est en moyenne de 3 kilowatts correspondant à un courant de 11,8 ampères sous 255 volts, mais le courant sur lequel il faut compter pour obtenir les pertes est égal à la racine carrée des sommes des carrés des courants pris sur le diagramme de fonctionnement, soit 16,5 ampères; d'où, du côté courant continu, une perte de

$$\overline{16,5}^2 \times 0,090 \text{ watt} = 25 \text{ watts}.$$

Si nous supposons que la perte du côté alternatif soit égale à la première, nous aurons comme perte dans les induits $\frac{2 \times 25}{1000} = 0,050$ kilowatt.

4° Perte dans l'excitation du tranformateur auxiliaire. Cette perte est égale à

$$\frac{255}{270 + 1272} \times \frac{255}{1000} = 0,042 \text{ kilowatt}.$$

5° Perte dans le circuit alimenté par le transformateur série. Cette perte est égale à 0,006 kilowatt environ.

Soit, au total, 4,200 kilowatts.

Le courant moyen débité est égal à 27 ampères, le rendement de l'installation est, par suite,

$$\frac{100 \times 27}{27 + 4,2} = 86,5 \text{ pour } 100.$$

L'installation est prévue pour une puissance de 35 kilowatts avec $\cos\varphi = 1$; cette puissance peut aller momentanément à 50 kilowatts, les pertes sont alors dans ce cas égales à 4,3 kilowatts et le rendement devient

$$\frac{100 \times 50}{50 + 4,3} = 92 \text{ pour } 100.$$

Pour une installation de plus grande importance, les pertes à vide seraient relativement plus faibles et le rendement amélioré.

Les pertes dans les accumulateurs ne sont pas à considérer, car elles sont les mêmes, que le réseau soit à courant continu ou à courant alternatif, cependant le rendement final de l'installation en dépend; l'auteur complète donc son calcul en faisant intervenir ces pertes.

Si le rendement des accumulateurs pour la charge et la décharge à courant normal est égal à 80 pour 100, la perte pour la batterie de 216 ampères sous 225 volts sera égale à

$$\frac{216 \times 225 \times 0,20}{1000} = 9,7 \text{ kilowatts};$$

mais, comme le courant moyen pris est égal à 16,5 ampères, la perte est égale à

$$\frac{16,5}{216} \times 9,7 = 0,74 \text{ kilowatt}$$

ou, pour la charge de 27 kilowatts,

$$\frac{100 \times 0,74}{27} = 2,8 \text{ pour } 100.$$

Le rendement total de l'installation tampon est donc à cette charge égal à

$$\frac{100 - 2,8}{100} \times 86,5 = 84 \text{ pour } 100.$$

Pour une charge de 50 kilowatts, le rendement devient égal à 89 pour 100.

Ces résultats sont très satisfaisants et l'auteur croit que l'emploi des batteries-tampons sur réseaux polyphasés se répandra de plus en plus. E. B.

USINES ÉLECTRIQUES.

Usines centrales et sous-stations des lignes électriques du New-York Central Railroad. — Les lignes électrifiées au commencement de cette année, sur le réseau du New-York Central Railroad et dont l'équipement est décrit dans une autre partie de la *Revue*, sont alimentées par deux usines génératrices à courants triphasés et par des sous-stations de transformation qui sont actuellement au nombre de quatre et atteindront ensuite le nombre de huit.

Usines centrales. — Les deux stations génératrices de Yonkers et de Port-Morris, dont l'emplacement est indiqué dans l'article général relatif à l'électrification du New-York Central, sont semblables comme puissance et agencement. La figure 1 en donne une coupe transversale. La chaufferie et la salle des machines forment deux bâtiments, accolés par l'intermédiaire d'une galerie contenant les canalisations de vapeur et les pompes d'alimentation d'eau.

La chaufferie est prévue pour recevoir deux rangées de 12 chaudières Babcock et Wilcox, soit 24 chaudières de 625 chevaux, dont 16 seulement ont été installées au début; chaque groupe de 4 générateurs dessert une turbine à vapeur. Chaque générateur de vapeur a une surface de chauffe de 581^{m^2} et une surface de grille de $10^{m^2},41$, et renferme entre le faisceau tubulaire et les cylindres d'eau supérieurs un surchauffeur formé de 168 tubes de 4^m de long et 5^{cm} de diamètre, représentant une surface de 114^{m^2} et produisant une surchauffe de 110°C. au-dessus de la température correspondant à la pression de marche de 13 kg : cm².

Le charbon arrivant par wagons ou bateaux est puisé dans des bennes et déversé dans un concasseur, d'où il tombe dans un convoyeur qui l'élève dans la soute à charbon située au-dessus des chaudières. Il descend ensuite par des coulottes dans les chargeurs automatiques système Roncy dont sont munies les chaudières. Les cendres tombent dans des bennes et sont réunies dans des wagonnets de 1 tonne, mus par une petite locomotive électrique dans le sous-sol de la chaufferie et vidés dans un convoyeur qui les déverse dans une grande chambre, d'où l'on peut ensuite les évacuer par chemin de fer ou bateaux. Le système permet la manutention de 80 tonnes de charbon par heure et l'enlèvement de 25 tonnes de cendres par heure.

La salle des machines est prévue pour recevoir six groupes électrogènes de 5000 kilowatts, soit une puissance totale de 30000 kilowatts ou 40000 chevaux) dont quatre seulement ont été installés au début (soit une puissance actuelle de l'usine de 20000 kilowatts ou



28000 chevaux). Ces groupes, qui ont 4m,50 de diamètre à la base et 10m,50 de hauteur totale, sont composés d'une turbine verticale Curtis à cinq étages, accouplée à un alternateur à axe vertical par l'intermédiaire d'un manchon d'accouplement. Le pivot de l'arbre est lubrifié et équilibré par de l'eau sous pression.

L'admission de vapeur est réglée par une valve mue hydrauliquement; deux régulateurs centrifuges ferment cette valve automatiquement en cas d'excès de vitesse. A côté, et un peu au-dessous de chaque turbomoteur, se trouve son condenseur à surface, avec pompe à vide et pompe à eau, qui donne un vide de 70mm. L'ensemble du groupe fonctionne avec douceur à toutes charges et peut supporter sans inconvénient une surcharge de 50 pour 100.

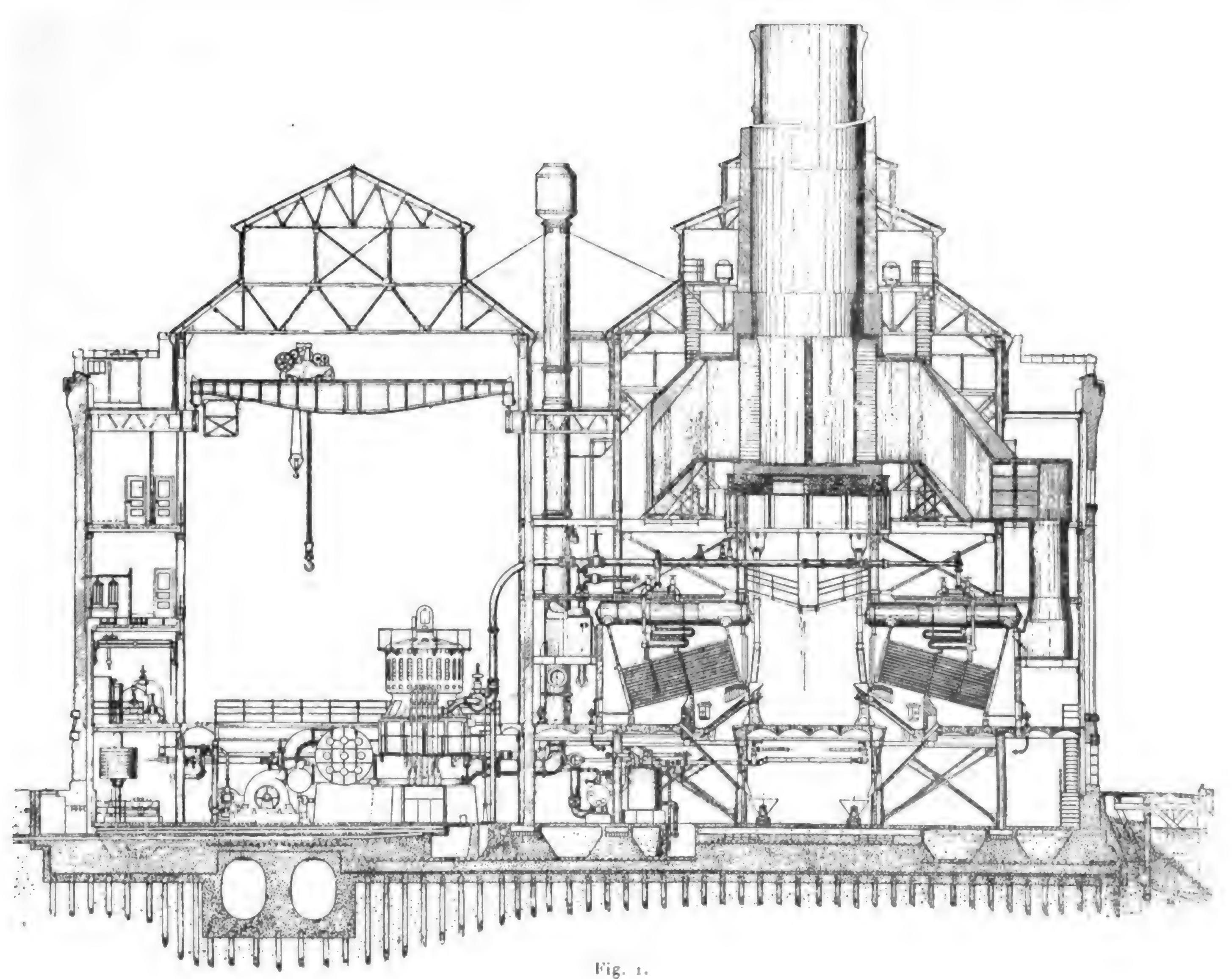


Fig. 1.

Les générateurs, qui fournissent des courants triphasés à 11000 volts et 25 périodes, ont leurs induits connectés en étoile, dont le point neutre est relié par une barre omnibus à la terre en passant par une résistance individuelle qui limite le courant de terre à la valeur juste nécessaire pour permettre le fonctionnement des disjoncteurs de surcharge de la ligne. Les conducteurs à haute tension, partant des bornes des alternateurs, sont enfermés dans des tuyaux en laiton s'enfonçant dans le sous-sol et se rendant dans les galeries à étages formant une aile séparée du bâtiment, où sont placés les appareils de manœuvre et de distributions usuels : interrupteurs à huile, disjoncteurs, ampèremètres, etc.

Le courant d'excitation à 125 volts est fourni par deux petits turbogénérateurs de 150 kilowatts et un groupe

moteur asynchrone triphasé-générateur de 150 kilowatts, et enfin une batterie de 74 éléments pouvant donner maintenant 1200 ampères pendant une heure, et plus tard, par addition de plaques, 1800 ampères pendant une heure. Toutes ces sources de courant continu sont montées en parallèle sur trois barres omnibus, une négative et deux positives, dont l'une affectée à l'excitation des alternateurs et l'autre à l'éclairage et aux moteurs auxiliaires de l'usine.

Sous-stations. — Toutes les sous-stations, dont l'emplacement est indiqué dans une autre partie du journal, sont construites sur le même modèle en matériaux incombustibles.

Les courants triphasés à 11000 volts y arrivent, soit par ligne aérienne, soit par ligne souterraine.

Dans le premier cas, les trois câbles nus pénètrent dans le bâtiment par un portique établi à la hauteur du premier étage, et traversent un parafoudre et un interrupteur disposés sur chaque phase.

Dans le second cas, le câble à trois conducteurs pénètre dans le sous-sol de la station et aboutit à un manchon de connexion du type employé couramment en Amérique (et dont nous avons donné naguère l'illustration), d'où les trois conducteurs sortent séparés.

La sous-station comprend, en section transversale, une galerie à plusieurs étages renfermant les lignes et

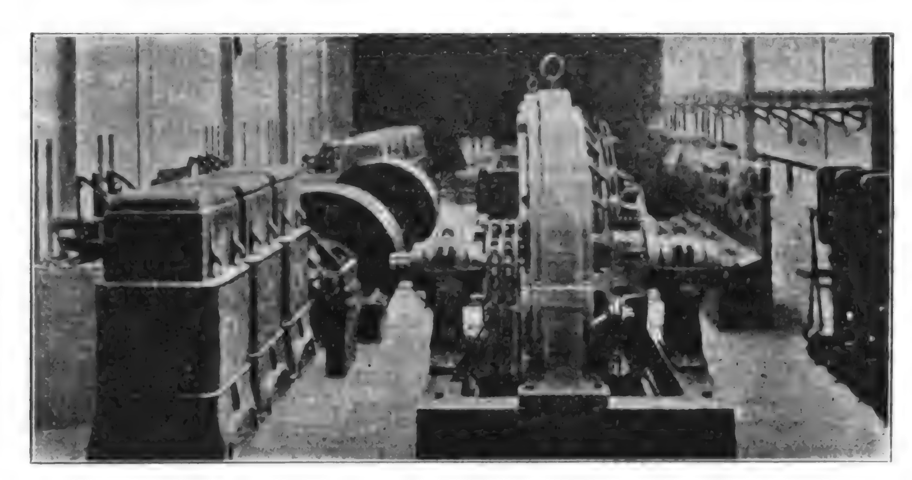


Fig. 2.

appareils de distribution à haute tension, et un bâtiment principal dont le rez-de-chaussée contient sur un seul étage, en allant de gauche à droite (*voir* photographie de la figure 2), les interrupteurs à huile à haute tension, les transformateurs, les commutatrices et le tableau du courant continu à basse tension.

Les interrupteurs à haute tension, enfermés dans des massifs en briques, sont mus par des moteurs électriques et commandent des lampes à incandescence qui indiquent sur le tableau de manœuvre s'ils sont ouverts ou fermés.

Les groupes de transformation qui abaissent la tension des courants triphasés de 11000 à 460 volts sont formés de trois transformateurs monophasés à ventilation forcée, de chacun 550 kilowatts ou 375 kilowatts, suivant que la puissance des groupes convertisseurs est de 1500 kilowatts ou de 1000 kilowatts.

Deux ventilateurs accouplés à des moteurs d'induction triphasés sont installés dans chaque station pour la ventilation de tous les transformateurs; un seul suffit normalement à faire le service. Les câbles de connexion arrivent par le plancher à ces transformateurs qui ont des bornes inférieures; il y a des bornes secondaires correspondant à plusieurs bobines, de manière à faire varier la tension envoyée à la commutatrice suivant la perte en ligne ou suivant la répartition de la charge entre les diverses sous-stations.

Les commutatrices, qui délivrent du courant continu, à 666 volts, sont à enroulement hexaphasé et peuvent être démarrées du côté continu ou du côté alternatif. Dans ce dernier cas, la tension triphasée est augmentée progressivement en prenant le courant sur des bornes secondaires différentes des transformateurs. Quand on démarre du côté continu, on relie l'induit à la barre omnibus positive au travers d'un rhéostat, et on l'amène à une vitesse légèrement supérieure au synchronisme; on coupe alors les circuits à courant continu, y compris celui des inducteurs, et on lance les courants triphasés dans l'induit, puis on ferme le circuit inducteur continu : ces diverses opérations sont effectuées très rapidement à l'aide d'une combinaison spéciale d'interrupteurs.

Les pôles positifs des commutatrices sont reliés à une barre omnibus positive du tableau à courant continu, par l'intermédiaire des interrupteurs et disjoncteurs à servomoteurs électriques. De la barre omnibus positive partent, après avoir traversé des interrupteurs de fideurs, des câbles qui descendent dans le sous-sol du bâtiment, et se raccordent par des manchons de connexion avec l'extrémité des fideurs en câbles souterrains placés sur le côté de la voie. Les pôles négatifs des commutatrices se réunissent tous dans le sous-sol dans un ampèremètre mesurant la consommation totale, et d'où part un câble en cuivre nu posé en terre dans un

1...

court tuyau, et venant se fixer sur un des rails de roulement au droit du bâtiment.

La batterie d'accumulateurs, dont la capacité est de 2250, 3000, 3750 ou 4020 ampères pendant une heure, suivant les sous-stations, est logée dans un petit bâtiment adjacent au bâtiment principal. La charge et la décharge sont commandées automatiquement par un régulateur à charbon agissant sur l'excitation de survolteurs.

L'éclairage de la sous-station, qui peut être pris en cas de secours sur la batterie d'accumulateurs, est effectué par des lampes à incandescence 120 volts, recevant normalement le courant alternatif provenant de petits transformateurs branchés sur le circuit alternatif à 460 volts.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines génératrices : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 183556, 5 déc. 1903 (dispositif pour produire de la lumière ou redresser du courant monophasé au moyen d'un appareil électrique à gaz ou à vapeur). — ALLISTER (MAC). USAP. 851828, 2 avril 1906 (alternateur). — FYNN. BP. 11298, 1906 (dynamos, transformateurs et moteurs à courant alternatif). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 3590 et 11936, 1906 (alternateur et dynamo). — GEORGIADK. BF. 375228, 30 janv. 1907 (dispositif pour produire la force motrice au moyen d'aimants). — GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE ZUGBELEUCHTUNG. DRP. 183514, 20 janv. 1906 (génératrice pour circuit multiple); 183516, 9 mars 1906 (dynamo tampon auto-régulatrice) — GUILLOU. BF. 375806, 16 mars 1907 (perfectionnements aux machines électriques). — HIGHFIELD. BP. 16820, 1906 (production de courant continu). — JACOBY. BP. 9858, 1906 (alternateur). — LA COUR. BF. 375091, 26 fév. 1907 (dispositif pour le compoundage des machines synchrones). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. DRP. 183814, 29 nov. 1905 (machines polyphasées à collecteur). — FRANÇOIS. BF. 374504, 18 avril 1906 (groupe électrostatique). — FRANKLIN. BF. 375659, 13 mars 1907 (alternateur). — FORSTER. USAP. 849670, 2 novembre 1904 (dynamo verticale). — ŒLSCHLÆGER. USAP. 846422 (dynamo) — PARSONS. USAP. 846693, 21 août 1906 (inducteurs tournants montés sur un arbre à section elliptique). — RICHTER. USAP. 846427, 28 août 1906 (alternateur à collecteur et enroulement compensateur). — SCHERBIUS. DRP. 185609, 17 mars 1906 (génératrices mono- ou polyphasées avec pôles principaux et auxiliaires saillants). — SCHWARTZ. DRP. 184702, 6 mars 1906 (dynamo verticale). — *Régulateurs, collecteurs, balais, etc. :* BAYLIS. USAP. 845740, 10 avril 1905 (balais). — DAWSON. USAP. 848292, 11 août 1906 (régulateur centrifuge pour dynamo). — GARRETT. USAP. 849120, 23 juin 1905 (porte-balais). — KELLER. USAP. 846214, 22 octobre 1906 (régulateur de voltage pour alternateur). — JOHANNET. USAP. 847079, 27 novembre 1906 (génératrice et moteur montés sur le même arbre, l'excitation de la génératrice étant réglable). — MASCHINENFABRICK ŒRLIKON. DRP. 184688, 23 juin 1905 (refroidissement des machines électriques avec de l'air sous pression). — SPEIRS. USAP. 849511, 26 novembre 1906 (balais). — WINDRATH. DRP. 184815, 20 février 1906 (dispositif pour éviter la formation d'étincelles au collecteur dans les alternateurs polyphasés auto-excitateurs). — WHITNEY. USAP. 849706, 10 octobre 1903 (ventilation des dynamos).

Machines transformatrices : ALLEN et BERGMANN. USAP. 850714, 24 avril 1906 (transformateur). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 183634, 9 mai 1906 (sous-stations de transformation dans lesquelles l'induit d'un convertisseur travaille en parallèle avec une source de même tension). — AUVERT et FERRAND. BP. 13585, 1906 (transformateur). — DEARLOWE et BROWNE. BP. 22715, 1906 (condensateurs). — FAGET. USAP. 851738, 22 oct. 1904 (permutatrice). — FELTEN ET GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. DRP. 183517, 24 mai 1906 (système à trois fils à courant continu pour sous-stations convertisseuses). — GEHRKENS. USAP. 851743, 9 juill. 1906 (transformateur à tension variable). — HEWITT. BF. 374554, 11 fév. 1907 (système de connexions pour redresseurs électriques). — JOHANNESEN. BF. 374930, 21 fév. 1907 (perfectionnements dans les transformateurs électriques). — KELLER (VON). BP. 27076, 1906 (transformateurs). — LANPHIER. USAP. 850166, 13 déc. 1905 (condensateur). — LEVY. BP. 9089, 1906 (appareils pour rayons X). — MURDOCK. BP. 9606, 1906 (transformateurs rotatifs). — NOXON. USAP. 851027, 5 fév. 1906 (bobine d'induction). — PEREGO. BF. 374775, 16 fév. 1907 (transformateur). — RUGG. USAP. 851695, 30 janv. 1905 (convertisseur). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. BF. 376086, 25 mars 1907 (transformateur). — SPENCE. BP. 10552, 1906 (transformation de courant alternatif en continu). — *Accessoires :* BRYANT. USAP. 853001, 23 avril 1906 (trembleur pour bobine d'induction). — TROY. USAP. 851786, 22 juin 1906 (régulateur pour transformateur). — WOEHRLÉ. BF. 374520, 11 fév. 1907 (interrupteur de courant pour appareils d'induction).

Piles : CARASSINO. BF. 375636, 12 mars 1907 (pile-accumulateur). — COCHRANE. USAP. 851402, 19 janv. 1906 (batterie sèche). — FINLAY et FINLAY BP. 1716, 1906 (piles). — HITE. USAP. 851353, 17 mai 1906 (batterie primaire à liquide mobile par pression d'air). — MANVILLE. USAP. 852188, 20 nov. 1906 (batterie sèche). — PORSCKE. BP. 21348, 1906 (élément galvanique).

Accumulateurs : BOREL et D'INEREAZ. BP. 17987, 1906. — EDISON. USAP. 850913 et 852424, 7 déc. 1905 et 28 nov. 1902. — FIEDLER. BF. 374415, 6 mars 1907; 376245, 26 fév. 1907 (rechargement automatique d'un accumulateur). — FINLAY. BF. 375416, 6 mars 1907; USAP. 850867. 12 fév. 1907 (perfectionnements aux batteries de cellules électrolytiques). — FULLER. DRP. 183866, 14 juin 1905 (électrode positive pour accumulateur). — GOULD. BP. 26820, 1906 (batterie d'accumulateurs). — HULG et HARMSEN. BF. 375149, 28 fév. 1907 (procédé de fabrication de minces plaques d'électrodes). — KNIGHT. DRP. 183810, 9 nov. 1905 (dispositif pour éviter les courts-circuits entre les plaques voisines d'accumulateurs). — LYNDON. USAP. 852569, 3 juin 1905. — MARÇAY (DE). BP. 8345 A, 1906. — NYA AKKUMULATOR AKTIEBOLAGET JUNGNER. BF. 374597 et 374598, 13 fév. 1907 (procédé de formation d'électrodes pour accumulateurs). — ORBAN. BP. 25410, 1906 (boites en celluloïd). — ROSELLE. USAP. 850788, 13 fév. 1905 (plaque secondaire et procédé de fabrication). — SCHŒNMEHL. USAP. 848570, 16 nov. 1905 (électrode en zinc). — SOKAL. USAP. 852464, 4 mai 1906.

Divers : MASCHINENFABRIK OERLIKON. BP. 21952, 1906 (usines pour la production de courant alternatif par machines à vapeur).

[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

PARAFOUDRES.

Dispositif de parafoudre, par INGRAM (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 26 mai 1907, p. 403). — On a observé les faits suivants sur les parafoudres constitués par un certain nombre de cylindres métalliques séparés par de courts intervalles d'air (*fig.* 1) :

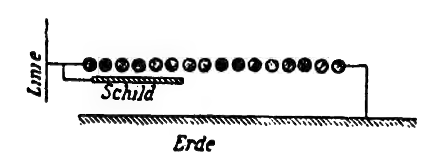


Fig. 1.

a. L'effet utile dépend des conditions d'installation et des circonstances locales.

b. La tension totale de travail diminue quand le nombre de cylindres augmente ; par exemple :

Nombre d'intervalles d'air de 0mm,79...	60	240	420	600
Tension de travail en kilovolts.......	25	62	75	84

Ces deux faits s'expliquent par là que la chute de potentiel le long du parafoudre n'est pas une droite, comme le montre la figure 2, courbe I.

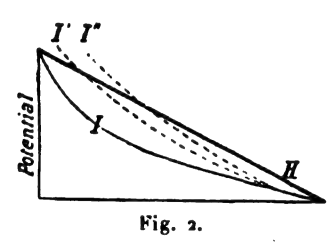


Fig. 2.

Les cylindres du côté de la ligne sont le plus chargés; il s'ensuit que l'air qui les sépare est ionisé, de sorte qu'une étincelle éclate entre ces cylindres et décale la courbe de tension (courbes I' et I") jusqu'à ce que la tension limite des intervalles restants soit atteinte.

Il est possible d'améliorer ces conditions de fonctionnement en intercalant une plaque métallique (*fig.* 1, Schild) devant les cylindres; la courbe de potentiel prend la forme II pour laquelle la chute de tension par intervalle d'air de 0mm,79 est constante et égale à 450 volts.

La plaque métallique doit être placée seulement devant le quart des cylindres composant le parafoudre. Par l'effet de ce protecteur, la tension par intervalle d'air devient indépendante de la tension de travail et il n'est pas nécessaire de faire le réglage sur place.

E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Canalisations : *Conducteurs et conduites :* Berry. BF. 373868, 24 janvier 1907; BP. 2066, 1906 (perfectionnements aux conducteurs et enroulements isolés). — Brown. USAP. 845609, 16 juin 1902 (conducteur enroulé en spirale). — Highfield. BF. 372610 et 372739, 15 déc. 1906 (perfectionnements aux systèmes de conducteurs électriques). — Hopfeld. DRP. 182958, 29 juillet 1905 (conduite électrique). — Letroteur. DRP. 182155, 1er mars 1905 (protecteur pour conduites aériennes). — Meng. BF. 372917, 26 déc. 1906 (fil conducteur électrique souple). — Parck. BP. 18724, 1906 (conduits pour canalisations). — Scheibler. DRP. 182997, 16 août 1906 (outil d'inspection des conduites électriques). — Strattou, Claremont, Beaver et Tanner. BP. 5946, 1906 (câbles). — Woodhouse. BP. 6010, 1906 (conduit). — *Supports, attaches, isolants :* Boltshauser. BF. 373168, 11 déc. 1906 (isolateur). — Clark. USAP. 842941 et 842942, 29 janvier 1906 (isolateur). — Federal Electric C°. BP. 18659, 1906 (isolateur). — General Electric C°. BP. 4925, 1906 (isolation des métaux). — Hatchett. USAP. 844796, 13 nov. 1905 (support de fil isolé). — Kelly. USAP. 844139 et 844140, 24 avril 1906 (isolant et procédé de fabrication). — Lamort et Lamort. BF. 373407, 9 janvier 1907 (nouveau produit isolant). — Marconi's Wireless Telegraph Company. DRP. 182384, 12 nov. 1905 (isolateur), — Middleton et Middleton. BP. 22382, 1906 (isolant). — Peigert. USAP. 843739, 19 mars 1906 (isolateur). — Schroder. BF. 373243, 19 déc. 1906 (dispositif de serrage pour la pose des conducteurs électriques). — Skinner. USAP. 844200, 11 sept. 1906 (support de câbles). — Société française pour la fabrication des tubes. BF. 372635, 24 février 1906 (poteaux démontables pour lignes électriques). — Steinberger. USAP. 844208, 21 fév. 1906 (isolateur). — Zelensky. BP. 2156, 1906 (poteaux). — *Connexions, joints :* Barker, USAP. 845288, 17 avril 1906. — Brassington. BP. 19666, 1906 (jonction). — Hirsch. DRP. 182154, 17 oct. 1903 (pièce de jonction pour fils toronnés). — Hollyer. BP. 3620, 1906 (connexions). — Kreinsen. BP. 12386, 1906 (connexion). — Laughlin (Mac). USAP. 843763, 11 septembre 1901 (connecteur pour conducteurs). — Muller. BF. 372400, 11 déc. 1906 (dispositif pour connexion pour conducteurs électriques). — Schade. USAP. 845268, 28 avril 1905 (connecteur). — Siemens et Halske. DRP. 182383. 7 nov. 1905 (jonction électrique à baïonnette). — Tischener. BP. 7293, 1906 (connexion). — Viertel. USAP. 842730, 22 sept. 1906 (fabrication de conducteurs électriques devant spécialement servir de pièces de contact).

Résistances et rhéostats : Brockdorff. USAP. 845051, 6 déc. 1906. — General Electric C°. BP. 6193, 1906. — Kallmann. BF. 372671, 18 déc. 1906 (résistance automatique). — Mansbridge. BP. 2666, 1906 (résistances réductives).

Parafoudres : Bohnensieck. DRP. 183053, 30 mai 1905 (connexions pour parafoudres). — Lipowski. DRP. 182058, 10 avril 1906 (parafoudre pour plusieurs conducteurs). — Rolfe. USAP. 845010, 4 fév. 1905 (parafoudre). — Thomson-Houston (Compagnie française pour l'exploitation des procédés). BF. 372617, 17 déc. 1906 (perfectionnements aux parafoudres). — Vogler. DRP. 183102, 30 mai 1905 (parafoudre pour conducteurs aériens).

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

La traction électrique sur les lignes du New-York Central and Hudson River Railroad. — Le réseau du New-York Central and Hudson River Railroad est très important, non seulement par lui-même (il s'étend à l'Ouest jusqu'à Buffalo, près du Niagara, et dans le district de Pennsylvanie), mais parce qu'il se raccorde à Albany à de grandes lignes menant vers le Nord au Canada et vers l'Ouest à Chicago et à Saint-Louis, enfin à Boston vers l'Est. Les lignes du New-York Central Railroad (N.-Y. C. par abréviation) sont actuellement les seules aboutissant dans la ville proprement dite de New-York constituée par la presqu'île de Manhattan [ainsi qu'on le voit sur le plan de New-Nork que nous

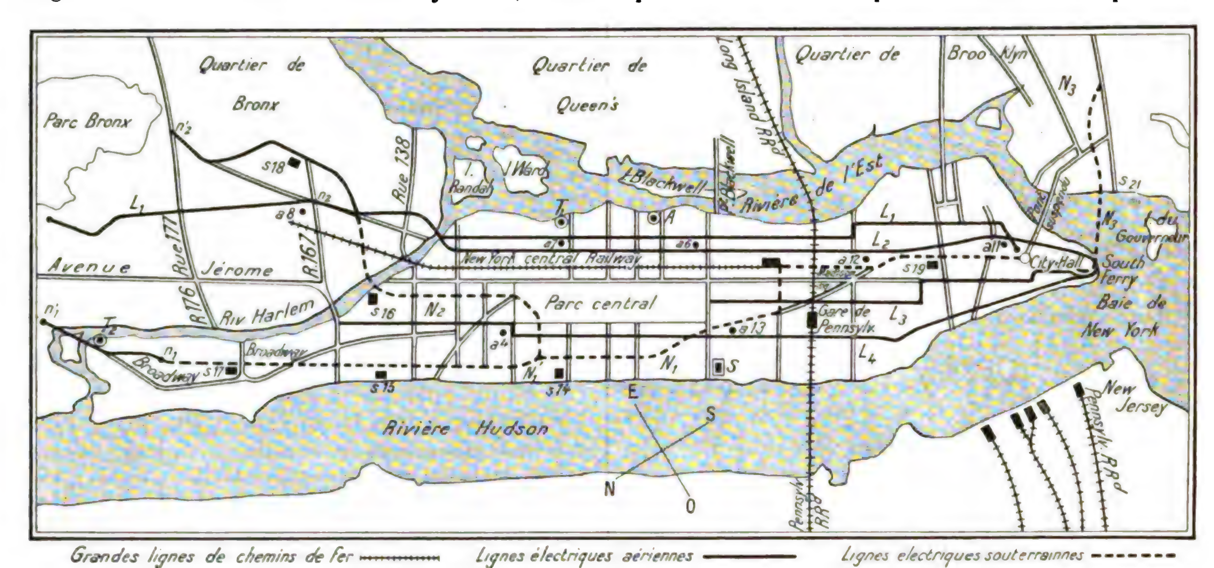


Fig. 1. — Plan de la ville de New-York.

avions donné à propos des lignes métropolitaines de cette ville (1) et que nous reproduisons en figure 1]. Les autres lignes desservant New-York, telles que celles du Pennsylvania Railroad, aboutissent à New-Jersey, faubourg situé à l'ouest de la presqu'île de Manhattan, de l'autre côté de l'estuaire de la rivière Hudson, très large à cet endroit (le N.-Y. C. y possède aussi un terminus). A l'est de Manhattan, de l'autre côté de la rivière de l'Est qui est en réalité un bras de mer ou détroit séparant la côte d'une longue île dénommée pour cette raison Long Island (voir le plan de la figure 2), se trouve le terminus du réseau de l'île, ou Long Island Railroad, dont la section Sud-Ouest a été électrifiée en 1906 (2). La grande Compagnie du Pennsylvania Railroad, qui a racheté le réseau de Long Island, fait construire en ce moment deux tunnels creusés sous la rivière Hudson et la rivière de l'Est qui permettront de reporter les terminus de ces deux réseaux dans une grande gare située également au centre de New-York, près de Madison square (voir gare du Pennsylvania sur la figure 1); mais ce raccordement entre Long Island et Jersey City ne sera terminé que dans un an ou deux.

De la gare terminus du N.-Y. C., dénommée Grand Central Station et située à l'angle de la 42e et de la 4e avenue, non loin du parc central (Central Park), jusqu'au sortir de la presqu'île de Manhattan (qui se termine à la rivière Harlem), les lignes du N.-Y. C. sont en partie souterraines. Le séjour dans le tunnel de Park Avenue était très désagréable lorsque le service, très chargé, s'y faisait avec la vapeur, ce qui a amené, en 1904, les autorités à prescrire à la Compagnie d'adopter la traction électrique pour l'entrée dans New-York de tous ses trains. La Compagnie en a profité pour organiser, en même temps que la remorque élec-

(1) *La Revue électrique*, t. VI, 15 octobre 1906, p. 200.
(2) *La Revue électrique*, t. VII, 15 février 1907, p. 74.

trique des trains de grande ligne pour l'arrivée à New-York, un service de trains électriques dans la

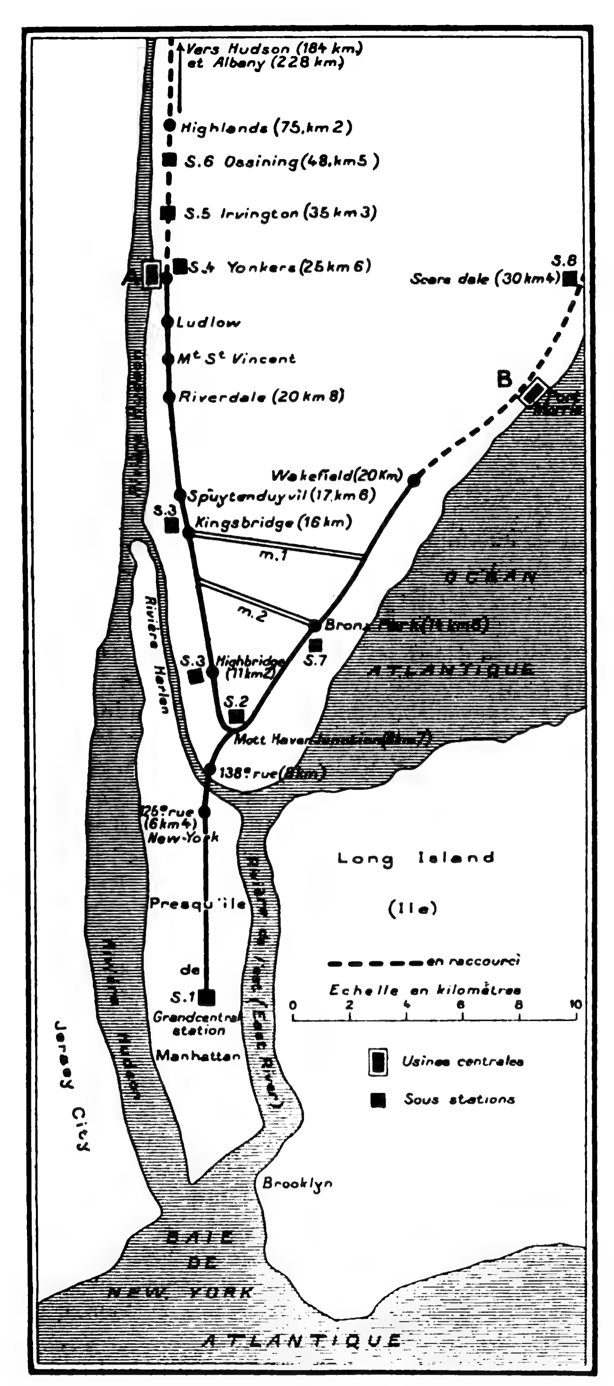


Fig. 2. — Plan du réseau électrifié du New-York Central Railroad.

banlieue la plus proche de New-York. Les travaux d'électrification ont été commencés en 1904 et seront prochainement achevés sur la zone initiale, de New-York (Grand Central Station) (*fig.* 2) jusqu'à Kingsbridge, soit à 16^{km} sur la division d'Hudson, et de Grand Central Station à Wakefield, soit à 20^{km} sur la division d'Harlem. En décembre 1906, on a commencé le service de banlieue de New-York à Wakefield par trains à voitures automotrices et la remorque des grands trains à vapeur par des locomotives électriques de Grand Central Station à Highbridge, la première station au sortir de la ville de New-York, à $11^{km},2$ de Grand Central Station, et aussi de Wakefield à Grand Station. L'électrification sera poussée un peu plus tard, comme service de banlieue, jusqu'à Yonkers d'abord ($25,6^{km}$), puis jusqu'à Highlands (75.2^{km}) sur la division d'Hudson (ligne marquée en raccourci suivant un trait ponctué sur la figure 2), et peut-être aussi plus loin que Wakefield sur la division d'Harlem.

En même temps qu'elle électrifiait ses lignes, la Compagnie du N.-Y. C. reconstruisait complètement sa gare terminus de Grand Central Station. L'espace manquait pour développer les voies en largeur; on est arrivé à plus que doubler la capacité de la gare, dont le nombre de voies est passé de 35 à 84, en créant, dans la gare et sur un certain parcours au sortir de celle-ci, deux étages superposés de voies qui dans la gare, dont la figure 3 donne la coupe transversale, se trouvent tous deux au-dessous du niveau de la rue. L'étage inférieur, qui se trouve sensiblement au niveau des lignes souterraines du Métropolitain (*subway*, qui passe à l'un des angles de la gare et pourra être raccordé plus tard au N.-Y. C.), a 15 voies principales destinées au service de banlieue (*suburban level*), et les trains qui y arrivent peuvent soit être dirigés sur des voies de garage de côté ou repartir immédiatement après avoir contourné une boucle. Au-dessous de cet étage se trouve encore un tunnel servant à transporter les bagages d'une des rues latérales bordant la gare, Vanderbilt Avenue, à l'autre, Lexington Avenue. L'étage situé au-dessus, et destiné aux trains de grandes lignes desservis par locomotives électriques, contient 47 voies, dont un certain nombre réservées aux trains rapides en matériel Pullmann, dénommés *United States mail, Adams et American express.* Au-dessus des deux étages de voies s'élève, du côté de Vanderbilt Avenue, un bâtiment dont le rez-de-chaussée, au niveau de la rue, est occupé par les guichets de distribution des billets, les salles d'attente et de bagages, et dont les étages sont occupés par divers bureaux. Du côté de Lexington Avenue, on doit construire, accolé à la gare, un bâtiment des postes dont la salle de travail sera située au rez-de-chaussée.

Stations centrales. — Le réseau électrifié du N.-Y. C. est alimenté par deux usines centrales de même puissance (actuellement de 2000 kilowatts) et de même construction, établies toutes deux au bord de l'eau et marquées par un carré encadré sur la figure 2. L'une A, située à Yonkers, à 25^{km} de New-York, sur le bord de la rivière Hudson, est destinée à desservir la division d'Hudson ; l'autre B, située à Port Morris, est destinée à desservir la division d'Harlem.

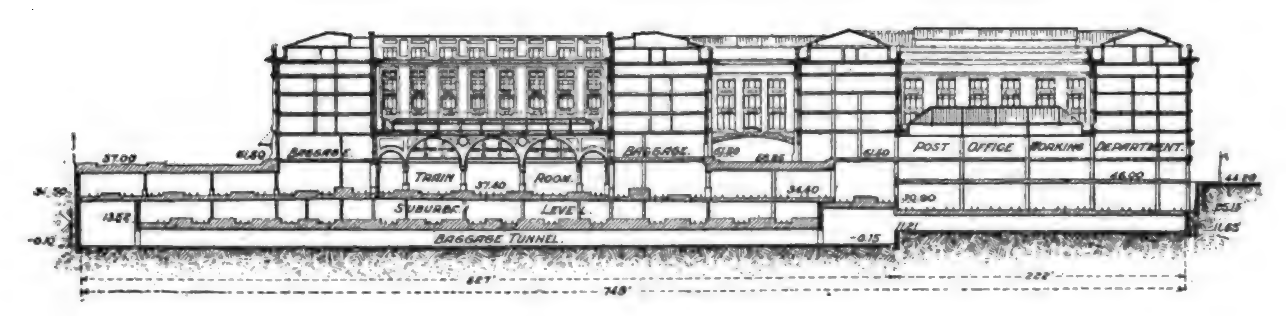


Fig. 3. — Plan de la gare terminus *Grand Central Station* de New-York du N. Y. C.
Post office working departement = salle de travail de la poste.
Train Room = premier étage de voies pour trains express.
Suburban Level = étage inférieur pour voies de banlieue. Bagage tunnel = tunnel à bagages.

La description de ces usines se trouve dans une autre partie du journal (p. 11).

Sous-stations de transformation et lignes de transmission. — Les courants triphasés à 11000 volts et 25 périodes, produits dans les deux usines centrales, alimentent actuellement quatre sous-stations (*voir* Carte de la figure 2) : la première, S_1, située dans la gare centrale de New-York ; la deuxième, S_2, à Mott Haven Junction, à $8^{km},75$ du terminus de New-York, au point de bifurcation de la ligne d'Hudson et de la ligne d'Harlem ; la troisième, S_3, à Kingsbridge, à 15^{km} de New-York, et la quatrième, S_7, à Bronx Park, à $14^{km},8$ de New-York ; les deux premières desservent à la fois les districts d'Hudson et d'Harlem ; la troisième dessert le district d'Hudson seul et la quatrième, le district d'Harlem seul. Quatre autres sous-stations sont prévues : S_4 à Yonkers, à 25^{km} de Grand Station, à côté de la station centrale A ; S_5 à Irvington, à $35^{km},37$ de Grand Station ; S_6 à Ossining, à $48^{km},5$ de Grand Station, toutes trois pour la division d'Hudson, et enfin S_8, à Scarsdale, à $30^{km},43$ de Grand Station, pour la division d'Harlem.

La capacité des deux premières sous-stations est de 4500 kilowatts répartis en trois groupes convertisseurs de 1500 kilowatts ; toutes les autres renferment ou renfermeront aussi trois groupes convertisseurs, mais de 1000 kilowatts seulement, soit une capacité de 3000 kilowatts. Toutes les sous-stations sont pourvues d'une batterie d'accumulateurs et pourront être agrandies plus tard s'il est nécessaire.

La ligne de transmission à 11000 volts sera aérienne et constituée par trois câbles nus en cuivre ou aluminium, posés sur poteaux en treillis métalliques, distants de 45^{m}, avec bras en pin jaune, depuis l'usine centrale A de Yonkers jusqu'aux deux sous-stations de la ligne d'Hudson situées au Nord, S_5 à Irvington, S_6 à Ossining, ainsi qu'au nord de l'usine B de Port Morris, sur la ligne d'Harlem. Dès maintenant des lignes aériennes en cuivre sont établies à partir de l'usine centrale A de Yonkers jusqu'à Highbridge sur la ligne d'Hudson en passant par la sous-station S_3 de Kingsbridge, et de la station centrale B de Port Morris jusqu'à la sous-station de Bronx Park S_7 sur la ligne d'Harlem.

Les lignes de transmission venant de l'usine A de Yonkers et se rendant aux sous-stations S_2 de Mott Haven Junction et S_1 de Grand Central Station (communes aux deux sections d'Hudson et Harlem), deviennent souterraines à partir de Highbridge. Les lignes allant de l'usine B de Port Morris à ces deux mêmes sous-stations S_2 et S_1 sont également souterraines à partir de Bronx Park S_7, ainsi que deux lignes de jonction, l'une m_1 reliant la sous-station S_3 de Kingsbridge à la ligne principale venant de l'usine B de Port Morris et l'autre m_2 reliant la sous-station S_7 de Bronx Park à la ligne principale venant de l'usine A de Yonkers. De cette façon, les quatre sous-stations S_1 à S_4 actuellement installées sont alimentées à la fois par l'une et l'autre des deux stations centrales A et B.

Les lignes souterraines à 11000 volts sont constituées par des câbles à conducteurs isolés au papier et recouverts d'une enveloppe de plomb. Ces câbles sont généralement posés dans des conduites en porcelaine vitrifiée posées sur lit de ciment, sauf dans

le tunnel de Park Avenue et les viaducs de Manhattan où ils sont enfilés dans des tuyaux en fer fixés contre les parois de la plate-forme, et au passage de la rivière Harlem où ils sont armés et posés dans le lit de la rivière. Les lignes souterraines comportent des regards de distance en distance.

La description des sous-stations, toutes construites de la même façon, se trouve dans une autre partie de la *Revue* (p. 13).

Canalisation à courant continu. — Les fideurs positifs partent des sous-stations, toujours au moins en double, et amènent le courant continu à 600 volts à un rail conducteur isolé placé à côté de la voie de roulement et dont il sera parlé plus loin. Ces fideurs sont généralement constitués par des câbles isolés recouverts d'une enveloppe de plomb et logés dans des conduites établies le long de la voie; dans quelques parties ils sont aériens, en cuivre nu posé sur les mêmes poteaux que la canalisation à haute tension qui longe la voie. La jonction des fideurs avec les rails conducteurs de courant, généralement au nombre de 4 (parce qu'il y a 4 voies sur toute la ligne) se fait dans des chambres renfermant des disjoncteurs; il y a actuellement 9 chambres de jonction sur la partie électrifiée et il y en aura 26 quand toute la zone prévue sera électrifiée. On a employé 675000^{kg} de cuivre environ et il en faudra au total à peu près 1350000^{kg}.

Voie. — L'équipement électrique de la voie est fait par troisième rail, mais présente une disposition nouvelle, imaginée par M. Wilgus, vice-président du New-York Central Railroad Cy et par M. Sprague, Ingénieur conseil de la Compagnie, qui a donné de très bons résultats et qui semble à l'avenir devoir être adoptée souvent (comme cela a été fait sur les lignes souterraines du métropolitain de Philadelphie qui est décrit plus loin et sur quelques autres lignes récentes américaines).

Le rail conducteur est du type à patin; mais, au lieu de reposer sur une longrine à la manière ordinaire, il est suspendu par la semelle et le frotteur appuie de bas en haut sur sa tête renversée. Les figures 4, 5, 6, 7 montrent les détails du montage. Le rail pesant 22^{kg} au mètre, en acier de haute conductibilité (7 à 8 fois seulement la résistivité du cuivre) est soutenu, tous les 3^m,30, dans un isolateur (*fig.* 4, 5, 6, 7) qui en embrasse la semelle et l'âme. Cet isolateur de 15^{cm} de long est séparé en deux moitiés (*fig.* 5) suivant l'axe vertical médian et enserré, sur une longueur de 7^{cm},5, dans une mâchoire ou collier en forme d'Ω boulonné sur le haut d'un support en fonte, fixé par des tirefonds sur une longrine en bois. Dans l'intervalle de 3^m,15 (*fig.* 8) compris entre isolateurs, le rail est protégé (*fig.* 7) par une sorte d'auge renversée sous laquelle est cloué un couvercle inférieur; le revêtement en bois de pin jaune (sorte de pitchpin) embrasse, comme l'isolateur, toute la partie supérieure et les côtés du rail conducteur dont la tête renversée reste seule à découvert. Le rail n'est pas partout fixé rigidement à l'isolateur, il est généralement susceptible d'un certain jeu.

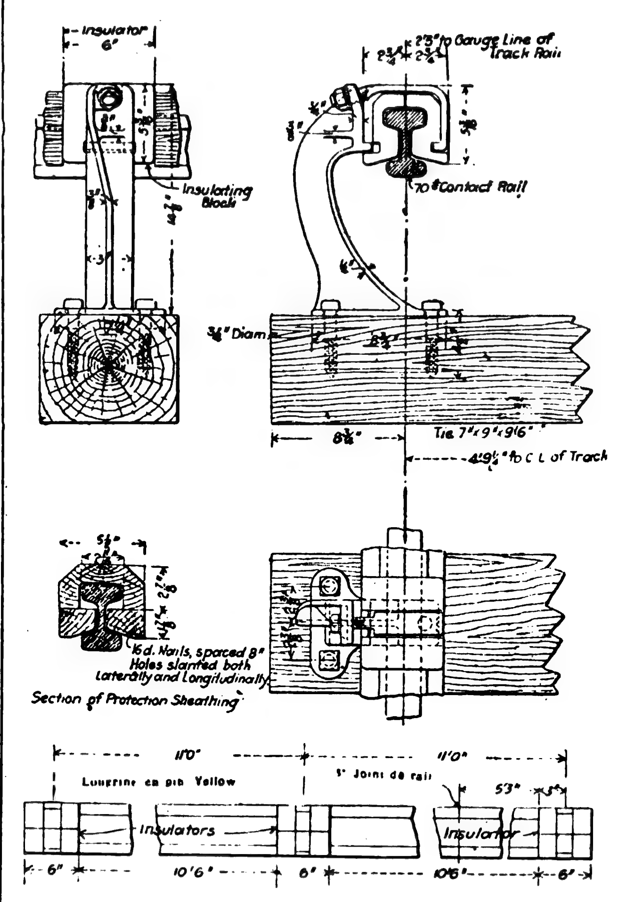


Fig. 4, 5, 6, 7 et 8. — Détails de montage du 3e rail.

Insulator = Isolateur. — Insulating block = bloc isolant. 2'5" to gauge line of track rail = 0^m,725 à l'axe du rail de roulement. — 4'9"½ to C. L. of track = 1^m,431 à l'axe de la voie. — Contact Rail = rail conducteur.

La figure 7 représente le dispositif protecteur dans la partie de 10'5" (3^m,15) de la fig. 8 comprise entre deux isolateurs (Insulators).

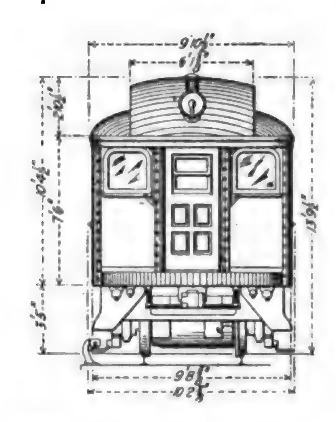
Ce dispositif de rail renversé a le grand avantage d'éviter presque complètement les accumulations de neige ou verglas, si fréquentes aux Etats-Unis, à la surface de contact, et de procurer une protection simple et efficace du rail conducteur. Il est, en effet, presque impossible à un homme ou à un animal de venir en contact avec la tête renversée

du rail, comme cela peut toujours se produire par la fente supérieure ou latérale des planchettes de protection en bois des troisièmes rails ordinaires; c'est là probablement qu'est la solution définitive de la protection des rails conducteurs, pour laquelle aucune disposition complètement satisfaisante n'avait été trouvée jusqu'à présent, ce qui constituait un inconvénient très grave du système du troisième rail. On a mis à l'essai, sur une certaine longueur de rails conducteurs du New-York Central, des protecteurs constitués par une chemise en fibre de faible épaisseur, moulée à la forme de la semelle et de l'âme du rail et qui, grâce à l'élasticité de la matière, peut être en une seule pièce. Ce protecteur en fibre serait plus léger et moins coûteux que le protecteur en bois.

Matériel roulant. — Le service de banlieue, sur la ligne de la division d'Hudson et sur celle de la division d'Harlem, est fait par des trains composés avec un nouveau matériel et comprenant des voitures automotrices. Les trains de grande ligne à vapeur, composés de matériel ordinaire, sont remorqués sur ces mêmes sections par des locomotives électriques qui sont prises à la place des locomotives à vapeur à Highbridge et à Wakefield, de sorte qu'il n'y ait plus aucune fumée dans les tunnels d'arrivée de New-York.

Voitures motrices. — Les voitures automotrices ou de remorque de banlieue sont construites sur le type ordinaire du New-York Central Ry; leur poids est respectivement de 46 et 35,3 tonnes, dont 23,8 tonnes de caisse et respectivement 23,1 et 11,2 tonnes de châssis. Ces voitures, représentées sur les figures 9 et 10, ont une caisse à lanterneau de 18^m de longueur totale, montée sur deux bogies écartés de $11^m,55$, à deux essieux. L'un des bogies, qui est moteur, a des roues de $0^m,90$, distantes de $2^m,10$; l'autre bogie, non moteur, a des roues un peu plus petites, de $0^m,82$ de diamètre, distantes de $1^m,80$. La caisse est en acier avec un revêtement intérieur latéral et de plafond en une fibre spéciale dénommée *durite,* ou fibre indestructible, non hygrométrique, ne se crevassant pas et recevant très bien la peinture. Il n'y a qu'un seul grand compartiment de $2^m,69$ de largeur intérieure et $2^m,71$ de hauteur intérieure au sommet, avec couloir central et sièges en rotin ignifugé, disposés transversalement; les deux water-closets représentés au bout gauche du demi-compartiment de la figure 10, sont remplacés au bout de droite par deux petits sièges longitudinaux; il y a au total 62 places assises. On pénètre dans la voiture par 4 portes latérales placées aux extrémités et donnant accès dans 2 plates-formes fermées en bout et reliées au compartiment par 2 portes transversales.

Les trains électriques sont composés de 4 voitures motrices et 2 de remorque, et pèsent au total 279 tonnes, tandis qu'un train à vapeur de 6 voitures, offrant la même capacité (poids 201 tonnes) et remorqué par une locomotive de banlieue de



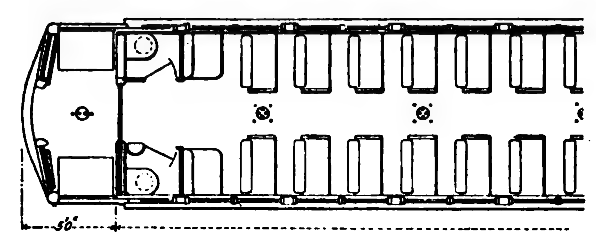


Fig. 9 et 10. — Vue de bout et demi-plan d'une voiture automotrice du New-York Central. $1' = 0^m,30$ $1'' = 0^m,025$.

114 tonnes, pèse au total 315 tonnes, soit 36 tonnes de plus. La commande se fait par le système à unités multiples Sprague dont les contacteurs sont logés dans un coffre placé sous le châssis. Chaque voiture porte deux moteurs de 200 chevaux de la General Electric Cy, pour commander les deux essieux d'un même bogie par engrenage avec rapport de réduction de 49 : 26 ou 1,885. Ils fonctionnent normalement à 650 volts, mais peuvent marcher à 700 volts. La vitesse maximum des trains à automotrices est de 83,2 km : h.

La Compagnie du New-York Central a fait construire 125 voitures motrices et d'autres sont prévues, et a commandé en même temps 55 voitures de remorque pour travailler avec les motrices et 6 voitures automotrices avec fourgons.

Locomotives électriques. — Les locomotives électriques, au nombre de 35, construites par l'*American Locomotive Cy* pour la partie mécanique et par la *General Electric Cy* pour la partie électrique présentent des particularités nouvelles intéressantes.

Elles pèsent 90 tonnes métriques, dont 54 tonnes de poids adhérent, car elles offrent quatre essieux moteurs encadrés par deux essieux porteurs extrêmes

ou bissels ; elles sont donc du type 2-8-2 suivant la notation employée dans les chemins de fer. Elles peuvent développer un effort de traction de 15300kg, soit presque le quart du poids adhérent et le sixième du poids total, et une puissance normale de 2200 chevaux qui peut atteindre 3000 chevaux au démarrage, c'est-à-dire qu'elles sont plus puissantes qu'aucune locomotive à vapeur. D'après les spécifications de la commande, elles doivent remorquer un train de 500 tonnes à la vitesse maximum de 96 km à 104 km : h ; dans des essais comparatifs effectués en 1905 à Schenectady sur la première locomotive

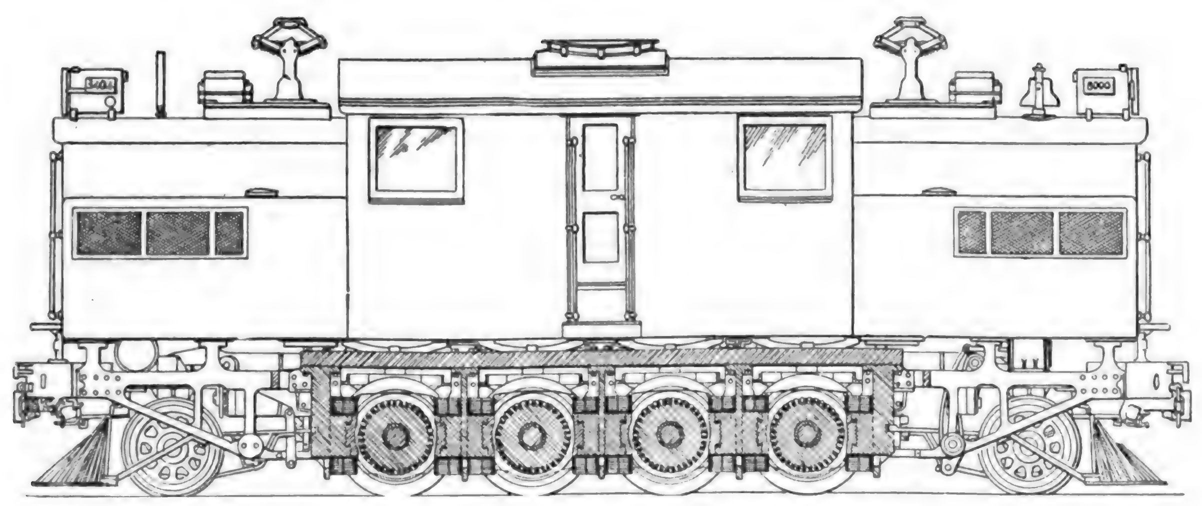


Fig. 11. — Locomotive du New-York Central.

électrique construite, on a atteint, en remorquant un train de six voitures pesant au total 407 tonnes, la vitesse de 80 km : h en 127 secondes et seulement en 203 secondes avec la remorque des six voitures par une locomotive à vapeur du Pacific du type le plus puissant (le train pesait alors 427 tonnes). La construction du châssis de ces locomotives électriques se rapproche de celle des locomotives à vapeur américaines. Les roues se trouvent à l'intérieur du châssis en acier fondu, à l'extérieur duquel sont fixées les boites à huile, au nombre de quatre de chaque côté, reliées à la caisse par quatre paires de ressorts à lames réunis entre eux de chaque côté par six leviers articulés égalisateurs : les deux leviers extrêmes situés à l'un des bouts du châssis sont réunis par un balancier transversal. Le châssis en acier fondu se compose de deux flasques découpées d'une seule pièce à la manière américaine et réunies en bouts par deux traverses portant les axes des bissels (dont les roues ont seulement 0m,90 de diamètre); les flasques sont en outre entretoisées par cinq traverses intermédiaires distantes de 1m,30 et servant de support aux inducteurs des quatre moteurs, à raison de trois inducteurs doubles intermédiaires et de deux inducteurs simples extrêmes (voir *fig.* 11). Les figures 12 (plan) et 13 (élévation) indiquent le mode de montage des culasses inductrices verticales sur les traverses de châssis. Ces cinq culasses sont reliées magnétiquement en même temps que mécaniquement par deux barres supérieures longitudinales (la section en est visible sur la figure 11) en acier. Les trois culasses intermédiaires portent chacune une double bobine horizontale inductrice, les deux extrêmes étant moitié moins grosses que les trois intermédiaires. L'induit est calé directement sur l'essieu sans aucun intermédiaire élastique.

Cette solution est évidemment très simple; l'inducteur n'ayant aucune liaison avec l'essieu, les effets d'inertie dus à la rotation de l'essieu monté ne sont pas dangereux pour la voie; mais l'expérience seule montrera si l'absence de tout organe élastique entre l'essieu et l'induit ne causera pas une fatigue et une détérioration assez rapide de ce dernier. Les inducteurs des moteurs font ainsi corps avec le châssis du bogie et suivent, par conséquent, tous ses déplacements; afin de permettre les déplacements verticaux, les pièces polaires des moteurs (en forme de semelles en fer encastrées dans les culasses) sont presque rectilignes, les faibles déplacements transversaux de l'essieu ne gênent en rien les moteurs; quant aux déplacements longitudinaux ou radiaux des essieux par rapport au châssis du bogie, on a été forcé de les réduire à une valeur insignifiante, ainsi que l'a exposé M. Mazen à la Société des Électriciens (1). Cette absence de jeu

(1) Voir *La Revue électrique*, t. VII, 15 mai 1907, p. 257.

radial des essieux constitue un inconvénient sérieux de la disposition du New-York Central ; c'est peut-être à cette rigidité trop grande qu'est dû un déraillement d'une locomotive électrique qui s'est produit, il y a quelques mois, dans une partie en courbe de la ligne dans une marche à vitesse trop élevée.

Fig. 12 et 13. — Plan et élévation d'un essieu moteur de locomotives du New-York Central.

L'induit a $0^m,72$ de diamètre et l'entrefer est de 6^{mm}. Les connexions entre les sections de l'induit et



les lames du collecteur établissent un décalage de 90° entre les deux, de manière que les balais se trouvent appuyés sur le diamètre horizontal et peuvent, grâce à cet artifice, suivre les déplacements verticaux du châssis dont ils sont solidaires tout en restant appliqués sur le collecteur par la pression d'une lame flexible fixée, comme le porte-balai, sur les traverses du châssis (comme le montrent les figures 12 et 13). Les moteurs sont protégés en dessous par des écrans en bronze allant d'une pièce polaire à l'autre; leurs faces latérales restent ouvertes pour assurer une bonne ventilation; ils peuvent supporter une surcharge de 50 pour 100 pendant une heure.

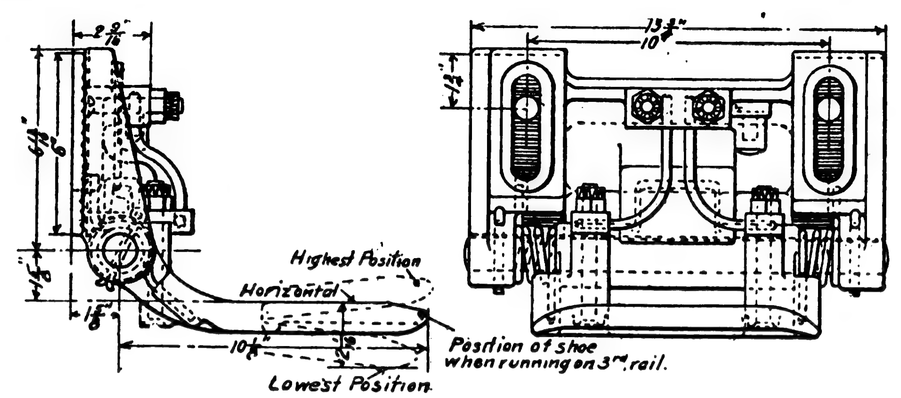


Fig. 14 et 15. — Détails des frotteurs des locomotives du N.-Y. C.
Highest position = position la plus haute. Lowest position = position la plus basse.
Position of shoe when running on 3d rail = position normale de marche $1^{h} = 0^{m},025$.

Les roues motrices ont $1^{m},10$ de diamètre, ce qui correspond, pour une vitesse de marche de 96^{km} à 104^{km} par heure, à une vitesse angulaire des moteurs de 460 tours par minute environ. Sur le châssis du bogie sont fixés les frotteurs (représentés sur les figures 14 et 15) destinés à recueillir le courant sous le troisième rail, avec un jeu vertical de 50^{mm}; en outre, deux archets pantographiques sont montés sur le toit pour la prise de courant sur un fil de trôlet aérien, dans les traversées de route.

La locomotive porte une caisse presque parallélipipédique recouvrant tout le châssis; elle a $11^{m},10$ de long, 3^{m} de large et $4^{m},30$ de hauteur totale. Presque tout l'espace disponible sous le châssis étant occupé par les moteurs, les résistances en ailettes de fonte et les contacteurs de combination sont logés dans les deux bouts de la caisse, qui sont évidés en hauteur des deux côtés, mais qui comportent néanmoins un couloir central, tout comme le centre de la caisse qui forme cabine. Cette cabine porte à ses deux bouts et sur chacun des côtés une grande fenêtre glissante, et sur l'avant et l'arrière, à droite et à gauche du couloir, dans l'abaissement des bouts de caisse, deux fenêtres basculantes.

Les appareils de manœuvre sont répétés en double aux deux bouts de la cabine, dans laquelle le mécanicien trouve, quel que soit le bout où il est placé : à sa gauche, un long levier, semblable au levier du régulateur des locomotives à vapeur, qui manœuvre un manipulateur Sprague; en face de lui, au-dessous de la fenêtre de front, le robinet du mécanisme du frein Westinghouse et son manomètre, ainsi qu'un voltmètre et un ampèremètre; à sa droite, le robinet d'une conduite à air comprimé qui sert à élever ou abaisser les archets de prise de courant; au-dessus de lui la corde du sifflet à air comprimé et de la cloche à main. Les parois de front de la cabine portent, près du plancher, des radiateurs électriques permettant au mécanicien de se chauffer en hiver. Les interrupteurs des fanaux d'avant de la locomotive et des lampes à incandescence éclairant l'intérieur sont placés dans le couloir central. La cabine contient encore un compresseur fournissant l'air nécessaire au frein et à la commande de l'archet de prise de courant; il est à double cylindre commandé par deux moteurs électriques série à 600 volts, qui sont déconnectés et reconnectés automatiquement quand la pression atteint une certaine valeur.

Le courant élevé absorbé par la locomotive, normalement 3050 et quelquefois 4300 ampères, ne pourrait être coupé ou introduit par un interrupteur unique; les opérations se font dans une série de contacteurs ou interrupteurs à électro-aimants du système Sprague à unité multiple, placés à côté de résistances (en ailettes de fonte) dans les bouts de la locomotive, dont les parois latérales portent des baies grillagées permettant la ventilation des appareils pendant la marche du train. Les contacteurs sont commandés par le manipulateur dont il

a été parlé plus haut, qui comporte autant de touches que de positions des contacteurs; mais la vitesse de passage d'une combinaison à l'autre est limitée automatiquement; le sens de marche de la locomotive est commandé par le levier d'un inverseur qui est conjugué avec le levier du manipulateur de manière que ce dernier ne peut être manœuvré si l'inverseur n'est pas arrêté dans l'une ou l'autre de ses positions. Les touches du manipulateur comprennent trois sections : dans la première, les quatre moteurs sont couplés en série avec des résistances décroissantes; dans la seconde, ils sont couplés en deux séries de deux avec résistances décroissantes, dans la troisième, ils sont couplés tous les quatre en parallèle, avec résistances décroissant jusqu'à la connexion directe sur la prise de courant à 600 volts. J. Blakstone.

La traction électrique sur les chemins de fer de l'Etat, en Italie, par KRUGER (*Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, 13 avril 1907; *Génie civil*, 6 juillet 1907). — L'auteur étudie les divers projets de chemins de fer à traction électrique, que les 50 millions votés par le Parlement italien vont permettre d'exécuter.

Ces projets sont au nombre de douze et la longueur totale des lignes à construire est de 311^km^. Un certain nombre de ces lignes sont intercalées sur des lignes principales, sur lesquelles la traction se fait par des locomotives à vapeur, à la traversée de tunnels ou sur des tronçons particulièrement accidentés; d'autres prolongent des lignes électriques déjà en exploitation (celles de la Valteline, du Simplon), d'autres enfin sont d'anciennes lignes simplement transformées en lignes électriques, pour permettre d'augmenter l'intensité de la circulation, pendant la saison des excursions.

Sur les douze nouvelles lignes électriques, cinq seront alimentées par du courant triphasé. Deux seulement seront à courant continu et deux à courant alternatif monophasé. Le choix du système de traction électrique n'est pas encore fixé pour les trois lignes restantes, mais, vu la faveur dont jouit actuellement le courant triphasé en Italie, il n'y aurait rien d'étonnant à ce que ce courant soit adopté pour l'alimentation de toutes ces lignes.

L'auteur donne ensuite quelques chiffres permettant de se faire une idée de l'importance du trafic que devra assurer une de ces lignes, celle de Pontedecimo à Busalla, qui est une section de 11^{km} de longueur et de profil très dur de la ligne principale de Gênes à Turin. Sur cette section, les trains devront transporter, par journée de 18 heures, une charge brute de 34992^t et une charge nette de 20412^t, dans le sens montant de la ligne. Ces trains se suivront à 15 minutes d'intervalle et comprendront chacun 20 voitures. Le courant consommé sur cette ligne sera fourni par une station triphasée de 7500 kw établie au bord de la mer, dans les environs de Gênes, et qui sera équipée de groupes électrogènes actionnés par des turbines à vapeur.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Davy. USAP. 843520, 5 nov 1906. — General Electric Cy. BP. 7627, 1906 (chemin de fer électrique); 12820, 1906 (roulements pour chemins de fer électriques). — Kando (Coloman de). USAP. 842957, 12 mai 1904 (voiture et locomotive électriques). — Magden et Brush. BP. 7060, 1906 (automotrice). — Palmer. USAP. 843694, 17 déc. 1906 (locomotive de mine). — Pfatischer. USAP. 2329, 1906 (automobile). — Potter. USAP. 850117, 24 sept. 1902 (chemin de fer à circuit sectionné). — Sperry. USAP. 849432 (locomotive électrique) — Stewart. USAP. 849703, 29 avril 1901 (chemin de fer électrique à troisième rail). — Thomson-Houston (British C°). BP. 5263, 1906 (électromobiles).

Conducteurs et voie : *Ligne à trôlet :* Gilmore. USAP. 844792, 13 janv. 1906 (oreille pour fil de trôlet). — La Bauve. USAP. 850020, 9 mai 1906 (support pour fil de trôlet). — Philippi. USAP. 842241, 1er août 1905 (suspension de fil de trôlet). — *Ligne à troisième rail :* Corrigan. USAP. 849773, 3 mai 1906 (protecteur pour troisième rail). — Raven (John Mac). USAP. 846339 (troisième rail de secours pour voies de chemins de fer). — Redmayne. USAP. 843841, 12 mars 1906 (isolateur pour troisième rail). — *Joints :* Hayward. USAP. 842545, 21 août 1905 (joint conducteur placé dans des rainures pratiquées aux extrémités des rails). — Hooton. USAP. 847337, 24 mai 1906 (connecteur de rails). — Mead. USAP. 846122, 23 nov. 1904 (connecteur de rails). — Whiteman. USAP. 845496, 14 sept. 1905 (isolation des éclisses).

Prises de courant : *Trôlet :* Brecknell, Munro et Rogers. BP. 12896, 1906 (roulette). — Cope. USAP. 847163, 17 nov. 1906. — Eastman. USAP. 847170, 5 janvier 1906. — Edwards. USAP. 849666 (trôlet pour chemins de fer électriques). — Galdwell. BP. 20130, 1906. — Haudenshield. BP. 20231, 1906. — Hayes. USAP. 847989, 29 janvier 1906 (croisement pour trôlet). — Hibbard et Hibbard. — USAP. 846205, 28 fév. 1906 (perche). — Kenney. BP. 22101, 1906 (roulette). — Kettemann. USAP. 848035, 29 oct. 1906 (crampon pour fil de trôlet). — Lamb. BP. 5581, 1906. — Lord et Wilkins. USAP. 848382, 20 oct. 1906. — Lowe. BP. 15400, 1906. — Miller. USAP. 843761, 22 avril 1905 (rattrapeur de trôlet). — Platt. USAP. 848601, 21 mai 1906 (bras de garde pour trôlet). — Roland. USAP. 845900, 19 oct. 1905. — Saudelli. USAP. 849503, 23 janv. 1906 (perche). — Walker. USAP. 849871, 23 janv. 1906 (trôlet à pivotage). — Wensinger. USAP. 845323, 31 oct. 1906 (perche double). — Wires. USAP. 842740, 13 mars 1906 (perche double). *Divers :* Boyd. USAP. 842852, 16 déc. 1905 (frotteur pour troisième rail). — Brown. USAP. 844918, 25 janv. 1906 (aimant pour système à contact superficiel). — Thomson-Houston (Compagnie pour l'exploitation des procédés). BF. 374336, 6 fév. 1907 (nouveau contacteur).

Combinateurs et freins : Condict. USAP. 845856, 9 mai 1906 (frein électrique pour train). — Hawkins. USAP. 843749, 30 oct. 1904 (frein). — Nussbaum. USAP. 849262, 6 déc. 1906. — Raworth. USAP. 849749, 25 janv. 1906 (combinateur). — Volk. USAP. 846533, 29 sept. 1906 (combinateur pour locomotive minière).

Divers : Clintock (Mac). USAP. 849157, 6 nov. 1905 (signal d'alarme pour train électrique). — Loudon. USAP. 846326 (barrière de chemin de fer automatique). — Scribner. USAP. 843039, 9 juil. 1906 (signal électromagnétique pour le départ des trains). — Small. USAP. 843182, 15 mai 1905 (dispositif de fermeture d'un circuit avertisseur au moyen d'un contact placé sur la perche d'un trôlet). — Struble. USAP. 849170 à 849173, 3 déc. 1902 et 3 janv. 1907 (signal pour tramway électrique).

ÉCLAIRAGE.

Sur la température et l'émission lumineuse du carbone, de l'osmium et du tungstène, par A. GRAU (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 14 avril 1907, p. 295). — L'auteur a effectué ses mesures à l'aide d'un pyromètre Wanner préalablement étalonné et vérifié sur un radiateur intégral. Pour déterminer la température du filament, il procédait de la façon suivante. Une feuille d'iridium J (*fig.* 1), placée dans une enceinte fermée présentant seulement une petite ouverture F, est portée à l'incandescence par le passage d'un courant; en tournant vers F la lunette du pyromètre, on obtient les différentes températures équivalentes de cette feuille, c'est-à-dire les températures qu'il faudrait donner à un radiateur intégral pour avoir la même énergie de rayonnement. On dispose alors le filament à étudier de façon que son image se projette en noir sur le fond brillant de la lame d'iridium; si l'on pousse l'incandescence, au moyen d'un courant électrique, jusqu'à réaliser l'égalité des éclats, on pourra dire que le filament a la même température équivalente que l'écran d'iridium. L'observation est rendue plus facile avec le dispositif simple de la figure 1, qui ne demande aucune description. Pour les hautes températures, on interpose un verre rouge. Les intensités et les tensions sont lues sur des appareils Weston. Nous donnons, dans les Tableaux ci-dessous, les résultats des expériences effectuées sur des filaments de charbon, tungstène et osmium.

TEMPÉRATURES équivalentes en degrés centigrades.	INTENSITÉS en ampères.	TENSIONS en volts.	WATTS.	INTENSITÉS lumineuses en bougies Hefner.	WATTS par bougie.	ÉCLAT en bougies Hefner par mm² de section en long.
			Charbon A_2.			
	Longueur = 165mm.	Diamètre = 0mm,1.	Section en long = 15mm²,5 ($d \times$ long).			
1230	0,1580	57,5	9,085	0,2473	36,73	0,0159
1340	0,1823	58,0	10,572	0,6209	17,03	0,04006
1420	0,2020	64,5	13,029	1,257	10,36	0,081
1534	0,2409	77,0	18,549	3,121	5,943	0,201
1675	0,2790	89,0	24,831	6,815	3,643	0,439
1762	0,3440	111,0	38,184	23,69	1,61	1,521
			Tungstène A_3.			
	Longueur = 136mm.	Diamètre = 0mm,0932.	Section en long = 12mm²,675.			
1208	0,9379	4,40	4,127	0,1428	28,91	0,01126
1334	1,0844	5,75	6,235	0,5304	11,76	0,0418
1410	1,1948	6.60	7,886	1,000	7,886	0,0788
1524	1,3897	8,40	11,673	2,882	4,05	0,227
1675	1,6222	10,95	17,762	8,477	2,095	0,669
1762	1,818	13,00	23,634	16,90	1,39	1,333
			Tungstène A_4.			
	Longueur = 136mm.	Diamètre = 0mm,08.	Section en long = 10mm²,88.			
1208	0,8184	4,50	3,683	0,1199	30,72	0,0110
1340	0,970	6,00	5,82	0,5122	11,36	0,0470
1420	1,0736	7,00	7,515	1,059	7,097	0,0974
1534	1,2397	8,85	10,971	2,864	3,830	0,263
1675	1,4111	11,00	15,522	7,182	2,161	0,663
1762	1,6325	13,55	22,120	17,30	1,28	1,59
			Osmium A_5.			
	Longueur = 136mm.	Diamètre = 0mm,115.	Section en long = 15mm²,64.			
1200	0,9844	4,70	4,627	0,16	28,91	0,0102
1310	1,1370	5,91	6,720	0,5304	12,67	0,0339
1400	1,2816	7,18	9,202	1,059	8,69	0,0677
1524	1,5110	9,22	13,931	3,384	4,11	0,216
1657	1,7440	11,45	19,969	8,517	2,34	0,544
1762	2,0068	14,30	28,697	20,03	1,43	1,28
1850	2,2400	17,40	38,98	35,70	1,09	2,28



Dans un système de coordonnées rectangulaires, portons, pour chaque lampe, en abscisses les intensités et en ordonnées les températures, nous obtiendrons les courbes de la figure 2, qui donnent les relations entre

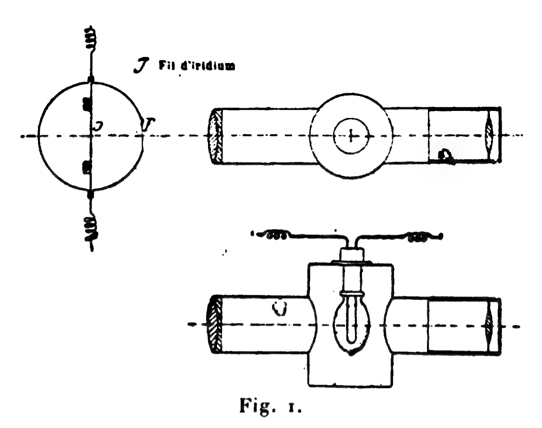


Fig. 1.

les intensités et les températures. Analytiquement cette relation est assez bien représentée par une expression

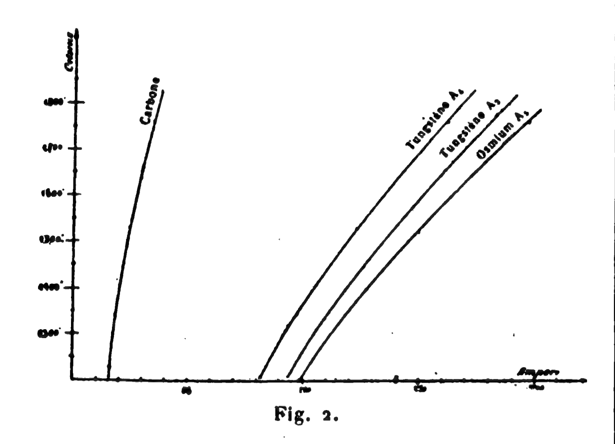


Fig. 2.

de la forme $i = \alpha + \beta t + \gamma t^2$. Quand on aura remplacé les constantes α, β et γ par leurs valeurs numériques, on augmentera l'intensité du courant jusqu'à la fusion du filament et l'on en déduira la température correspondante. Mais ce procédé ne peut donner qu'une valeur approchée.

En disposant ensuite un photomètre perpendiculairement au plan des filaments, on a relevé les intensités lumineuses relatives aux différentes intensités et tensions, et de ces résultats on a déduit la consommation spécifique et l'éclat rapporté au millimètre carré (colonnes 5, 6 et 7).

Si l'on porte en ordonnées les éclats exprimés en bougies Hefner, et en abscisses les températures, on voit, sur la figure 3, que les courbes relatives aux filaments métalliques se recouvrent presque sur tout leur trajet, mais que celle relative au charbon en diffère sensiblement. Pour cette dernière, l'éclat correspondant à la température 1675° donne un point un peu en dehors de la courbe, ce qui provient vraisemblablement, dit l'auteur, d'une estimation trop faible de l'intensité du courant.

Portons maintenant en abscisses les consommations spécifiques (watts par bougie Hefner), et en ordonnées les températures; le tungstène et l'osmium ont leurs courbes confondues, c'est-à-dire que ces métaux présentent les mêmes avantages au point de vue du rendement, mais l'osmium a l'inconvénient de se volatiliser

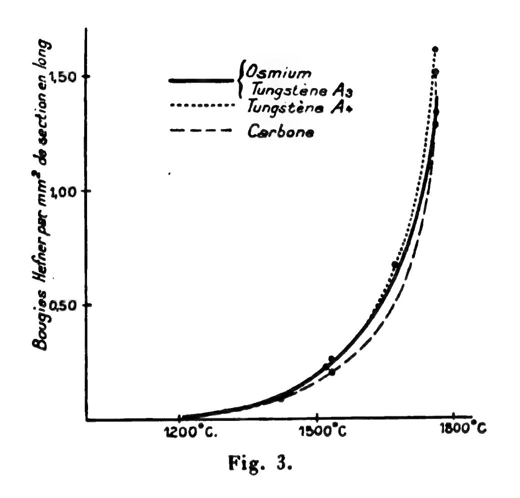


Fig. 3.

à des températures que le tungstène supporte encore très bien. La courbe du charbon est plus haute, indiquant un rendement plus faible; en la prolongeant, elle irait vraisemblablement couper la première entre 1800°

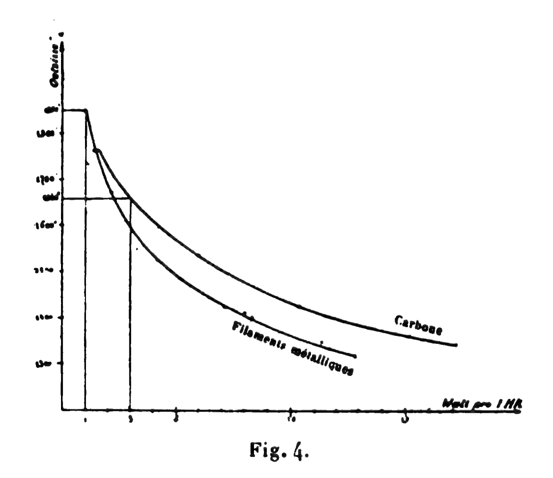


Fig. 4.

et 1850°, températures pour lesquelles le filament de charbon reprendrait l'avantage sur les filaments métalliques. De ces courbes, on peut encore déduire les conclusions suivantes : pour une consommation spécifique de 3 watts par bougie du filament de carbone, la température [1] est 1660°, 5; elle est de 1850° C. pour une con-

(1) Nous rappelons qu'il s'agit toujours ici de la température équivalente et non de la température vraie, qui est certainement plus élevée.

sommation spécifique de 1 watt des filaments métalliques.

L'auteur termine son intéressant travail par la vérification suivante :

La relation empirique par laquelle Lummer et Kurlbaum ont exprimé les variations de l'éclat avec la température est de la forme $\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^x$, où Φ_1 et Φ_2 sont les éclats, T_1 et T_2 les températures absolues, et x un exposant voisin de 12 au-dessus de 1900°. D'après la courbe 4, l'éclat de la lampe au tungstène, à la température de 1850°, soit 2120° absolus, est trois fois plus grand que celui de la lampe au carbone à la température 1660°, soit 1933° absolus (pour une même dépense d'énergie); on doit donc avoir $\left(\frac{2123}{1933}\right)^{12}$ égal à 3; le calcul donne 3,07. La concordance est donc aussi satisfaisante que possible. B. K.

Expériences destinées à déterminer la température et les propriétés sélectives des lampes à incandescence. Sur les points de fusion du tungstène et du tantale, par C.-W. WAIDNER et G.-K. BURGESS (*Electrical World*, t. XLVIII, 10 nov. 1906, p. 915, et séance de la Société française de Physique du 7 juin 1907). — Les expériences des deux physiciens américains ont eu pour résultat d'établir que les hauts rendements atteints par les lampes à filaments métalliques devaient être attribués à la fois à leurs propriétés sélectives et à la température élevée à laquelle ils travaillent, cette dernière ayant toutefois une influence prépondérante.

Leur dispositif est analogue à celui décrit ci-dessus, à cette différence près que la feuille d'iridium est remplacée par un ruban de carbone et le pyromètre Wanner par l'appareil similaire de Holborn et Kurlbaum.

L'incandescence est produite par un courant électrique d'intensité connue et la température correspondante se déduit de la relation indiquée dans l'article ci-dessus : $i = \alpha + \beta t + \gamma t^2$, qui a servi également à fixer les points de fusion du tungstène et du tantale.

Ayant déterminé les valeurs de t relatives au rouge et au bleu, on obtient approximativement la température vraie en ajoutant à la température équivalente en lumière bleue : *deux fois* la différence entre celle-ci et la température équivalente en lumière rouge (d'après le journal américain), *une fois* cette différence (d'après la Communication à la Société de Physique).

Nous ne devons donc accepter que sous les plus grandes réserves les températures de fusion données par les auteurs qui seraient 3080° ± 20°, pour le tungstène et 2910° ± 10°, pour le tantale. B. K.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 20463, 1906 (lampes à arc). — CARBONE. USAP. 851797, 25 nov. 1905 (lampes à arc). — GOBERT. BF. 375536, 5 mars 1907. — GRIFFITHS. BP. 1070, 1907 (lampes électriques). — GROSS. USAP. 851003, 20 déc. 1904. — JACKSON. BP. 11028, 1906 (lampes électriques). — JANDUS, LAMP AND ELECTRIC C° JONES et DRAKE. BP. 16162, 1906 — PROCTOR. BP. 16668, 1906. — RICKS. DRP. 186382, 5 mai 1906 (lampe à arc à électrodes fixes avec globe rempli de gaz ou de vapeur). — *Suspensions, régulateurs et accessoires divers :* BROWN et GREBTY. BP. 3757, 1907 (protection de lampes électriques). — DUQUESNE, TRISTAN et BÉRARD. BF. 375634, 12 mars 1907 (dispositif de radiateur). — GINLEY (MAC). USAP. 851024, 19 fév. 1906 (enveloppe de lampe à arc). — JOYCE. USAP. 851009, 25 nov. 1905 (support de lampe à arc). — KLOPFENSTEIN. BF. 375053, 2 mai 1906 (dispositif de régulateur applicable aux lampes à arc).

Lampes à incandescence : *Lampes à filament :* CONSORTIUM FÜR ELECKTROCHEMISCHE INDUSTRIE. BF. 374659, 15 fév. 1907 (procédé pour fabriquer les lampes à incandescence au tungstène). — DEUTSCHE GASGLUHLICHT (SOCIÉTÉ). BF. 375133, 27 fév. 1907 (fabrication de corps éclairants métalliques pour lampes électriques); BP. 8499. 1906 (lampe à incandescence); 9346, 1906 (lampe de poche). — FOSTER. BP. 19620, 1906 (lampes à incandescence). — JUST et HANAMAN. BF. 374653, 23 avril 1906 (procédé de liaison des filaments de lampes à incandescence). — JUST, HANAMAN UND VEREINIGTE. BP. 11944, 1906 (filaments). — LUX. BF. 374543, 19 avril 1906 (procédé de fabrication de filaments de tungstène). — NERNST et STOCKEM. BP. 15915, 1906. — SIEMENS ET HALSKE. BP. 4814, 1907 (filaments incandescents). — *Accessoires :* BEAUDETTE. USAP. 851975 (support de lampe à incandescence). — BENJAMIN. USAP. 852490, 852491 et 852492, 31 janv. 1903, 29 fév. et 1er oct. 1904 (monture de lampe à incandescence). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 12730, 1906 (machine pour la fabrication des lampes à incandescence). — JUST, HANAMAN, SALZMAN UND FIRME VEREINIGTE ELEKTRICITÄTS AKT. GES. BP. 9349, 1906 (joints pour lampes). — KELLEY. USAP. 852121 (attache pour lampe à incandescence). — LAMBERT. BF. 375689, 14 mars 1907 (perfectionnements aux porte-lampes). — LEDERER. BP, 20210, 1906 (support pour filaments et pour lampes électriques à incandescence). — MAGUNNA. BF. 375898, 20 mars 1907 (douille de lampe électrique). — MORENO Y SAMPIETRO. BF. 376145, 26 mars 1907 (porte-lampe pour lampe électrique). — NORTON. USAP. 851627 (abat-jour et réflecteur pour lampe électrique). — PLATINUM SUBSTITUES LTD (SOCIÉTÉ) BF. 374613 et 374614, 13 fév. 1907 (procédé de scellement des conducteurs électriques dans le verre ou toute autre matière vitreuse). — *Lampes à vapeur :* ALLER (VAN). USAP. 850279, 12 oct. 1904 (lampe à mercure). — MOORE. USAP. 851685, 16 nov. 1905 (lampes à vide disposées en série avec dispositif de protection pour les extrémités en contact). — STEINMETZ. USAP. 850270, 17 oct. 1904 (lampe à mercure). — WILSON. USAP. 850509, 13 mars 1906 (allumage des lampes à gaz au moyen d'une bobine d'induction).

Divers : MULLER. BP. 5849, 1907 (fermetures magnétiques pour lampes de mineurs). — SCHMIDT. USAP. 186378, 1er avril 1906 (dispositif d'éclairage principalement pour la photo).

Divers : BARBARY. BF. 373042, 27 déc. 1906 (moyen pour produire la fluorescence lumineuse). — ELECTRICAL IMPROVMENTS LTD et HACKING. BP. 12025, 1906 (contrôle d'éclairage). — FELDMANN. DRP. 183103, 24 mai 1905 (réglage de l'éclairage des trains par courants mono ou polyphasés). — LEITNER. BP. 5168, 1906 (éclairage électrique). — ROSSIGNOL. BF. 373380, 7 janv. 1907 (allumages à variation pour surface lumineuse électrique). — SCHREIBER. DRP. 182076, 20 sept. 1904 (éclairage électrique).

MESURES ET ESSAIS.

DIVERS.

Nouvelle méthode pour l'essai en charge des transformateurs, par A.-F. GUSTRIN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 6 juin 1907, p. 574 à 576). — La puissance d'un transformateur dépend en réalité de l'échauffement des matières actives en régime continu. Pour déterminer l'augmentation de température correspondant à une certaine charge de l'appareil, ou pour une certaine augmentation de température trouver la charge continue correspondante, il est nécessaire de faire un essai en charge de longue durée. Il est en général impossible de procéder en usine à de tels essais, surtout s'il s'agit de transformateurs de grande puissance; on a donc été amené à chercher des moyens de reproduire artificiellement les pertes de ces appareils tout en consommant une puissance égale à ces seules pertes.

Dans quelques-unes de ces méthodes on alimente le transformateur au moyen de courant alternatif de façon à obtenir les pertes normales dans le fer; le cuivre est chargé au contraire au moyen de courant continu; la perte dans le cuivre n'est pas exactement celle qu'on obtiendrait avec du courant alternatif; cet essai est donc incomplet et ne donne que des résultats approximatifs.

On peut encore obtenir, de façon approchée, la température en régime continu en alimentant le transformateur à vide pendant un certain temps avec une tension telle que la perte dans le fer soit égale à la perte totale à pleine charge; ensuite, et pendant un temps égal, le transformateur est court-circuité et le cuivre est chargé de manière à obtenir le même résultat; on alterne ces périodes d'essai jusqu'à ce que la température soit constante. Les défauts de cette méthode sont qu'il est nécessaire de se servir de tensions très différentes et qu'ensuite l'isolement est soumis à une tension égale à 1,5 fois environ la tension normale pendant les essais à vide, ce qui peut être dangereux pour cet isolant.

L'essai idéal en charge artificielle est évidemment l'essai avec récupération, dans lequel deux transformateurs identiques sont couplés en opposition aussi bien du côté à basse tension que du côté à haute tension; un des transformateurs est construit de façon que le nombre de spires de l'un des enroulements puisse être varié à volonté de façon que le courant circulant dans le circuit fermé des deux transformateurs soit égal au courant normal, quand l'un des éléments est mis aux bornes d'une source à la tension normale.

Dans ce cas, l'induction dans le fer est celle correspondant à la marche normale, les courants sont ceux du régime normal et le fonctionnement du transformateur correspond exactement au fonctionnement normal en ce qui concerne les pertes dans le fer et le cuivre.

La méthode est également applicable pour des transformateurs monophasés et pour des transformateurs polyphasés; la machine alimentant le système doit seulement fournir un courant égal environ au double du courant à vide à tension normale. Les figures 1 et 2 montrent la disposition de l'essai pour transformateurs monophasés et triphasés.

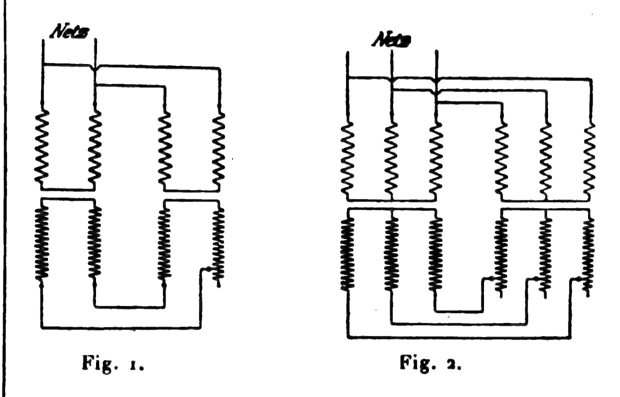


Fig. 1. Fig. 2.

Cette méthode a aussi ses défauts : 1° il est nécessaire d'avoir deux transformateurs identiques pour l'appliquer; 2° l'un des transformateurs doit être légèrement modifié par l'essai.

L'auteur décrit une nouvelle méthode d'essai au moyen de laquelle on peut charger un seul transformateur à son régime normal tout en ne lui fournissant que les pertes.

D'après la représentation schématique de la figure 1 on voit que pour que l'essai soit possible il faut que : 1° chaque enroulement forme un circuit fermé pouvant être parcouru par le courant sans charger la machine alimentant le système; 2° la force électromotrice créée par le flux normal doit être annulée par une force électromotrice égale et de sens contraire, de sorte que 3° il reste seulement une petite force électromotrice capable de compenser la chute de tension à courant normal.

Pour un transformateur monophasé, ces conditions sont faciles à remplir: chacun des enroulements est partagé en deux moitiés, qui sont couplées en parallèle, satisfaisant par conséquent à la première condition. La faible différence de force électromotrice nécessaire pour faire circuler le courant dans le circuit fermé est produite en supprimant quelques spires d'une des moitiés de l'enroulement. Il est également nécessaire de supprimer quelques spires sur l'un des enroulements secondaires, ainsi que le montre la figure 3. Les transformateurs polyphasés peuvent également être chargés de la même manière en munissant chaque phase de quelques spires de réglage. Dans le cas d'un transformateur triphasé il serait donc nécessaire de prévoir six

bobines spéciales pour l'essai, ce qui pourrait être onéreux et limiterait certainement l'emploi de la méthode.

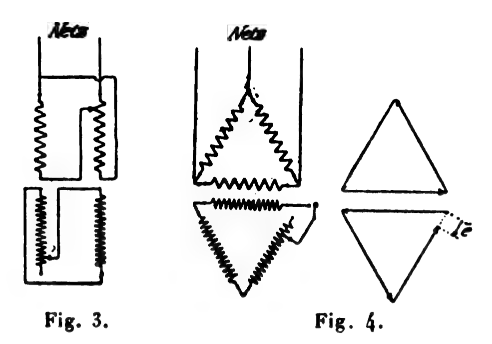


Fig. 3. Fig. 4.

Mais il est possible de remplir les conditions de fonctionnement d'une façon beaucoup plus simple en montant les deux enroulements primaire et secondaire en triangle; on a ainsi dans le système en court-circuit une force électromotrice nulle. Si maintenant, sur une phase quelconque, on supprime le nombre de spires nécessaires pour compenser la chute de tension totale, on se trouvera dans les conditions de charge normale sous la tension normale. La figure 4 montre le schéma de l'essai ainsi que le diagramme des tensions, duquel il ressort que, à circuit secondaire ouvert, on a une force électromotrice e. Cette force électromotrice est celle qui, à circuit fermé, produit la circulation du courant dans les deux enroulements du transformateur.

Il est encore possible de produire cette force électromotrice auxiliaire à l'aide d'un transformateur séparé, comme le montre la figure 5.

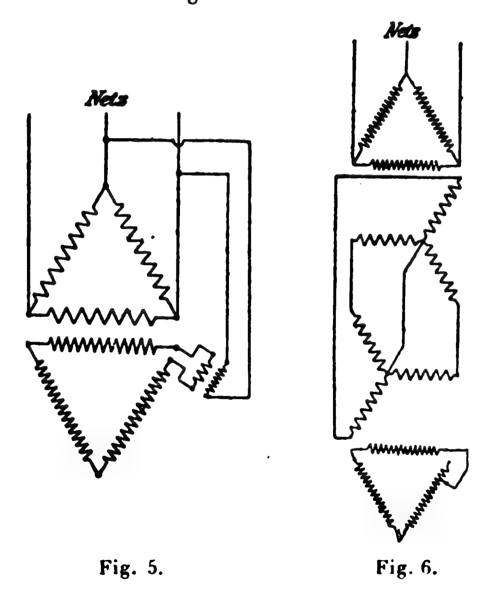


Fig. 5. Fig. 6.

Le défaut de cette méthode d'essai réside dans le fait que les charges sont quelque peu inégales dans les différents circuits ou phases. Cette inégalité est faible en général et il est assez facile d'en tenir compte.

Si l'on ne veut pas préparer spécialement une bobine à nombre de spires variable à volonté, il est possible de supprimer complètement une des bobines à haute tension, par exemple, et absorber l'excès de tension dans une résistance convenable. Il est bon de vérifier dans ce cas que l'inégalité dans les charges ne soit pas trop grande.

La figure 6 montre l'essai d'un transformateur triphasé de 300 kilovoltampères, 1000/5200 volts, 176/34 ampères à 50 volts. On avait :

Basse tension.

$E_1 = 568$ volts
$E_2 = 684$ »
$E_3 = 542$ »

$J_1 = 177$ ampères	$J^0_{1-2} = 34,2$ ampères
$J_2 = 160$ »	$J^0_{2-3} = 36$ »
$J_3 = 138$ »	$J^0_{3-1} = 48,3$ »

Haute tension.

$$i_1 = i_2 = i_3 = 32,5$$

(correspondant à 172 amp. du côté basse tension),

$$e = 368 \text{ volts}$$

(correspondant à 6,8 volts du côté basse tension),

$$e' = 275 \text{ volts}$$

(correspondant à 5,2 volts du côté basse tension).

Pour ne pas faire de bobine spéciale on avait simplement supprimé une des 8 bobines secondaires d'une phase, soit 43 spires, alors que le calcul avait indiqué 12 à 13 spires, auquel cas la dissymétrie aurait été beaucoup plus petite. Les tensions d'alimentation E_1, E_2, E_3 sont également très différentes, parce que la machine qui servait à l'essai travaillait dans une très mauvaise partie de sa caractéristique, ce qui causait de grandes chutes de tensions pour charges inégales dans les trois phases.

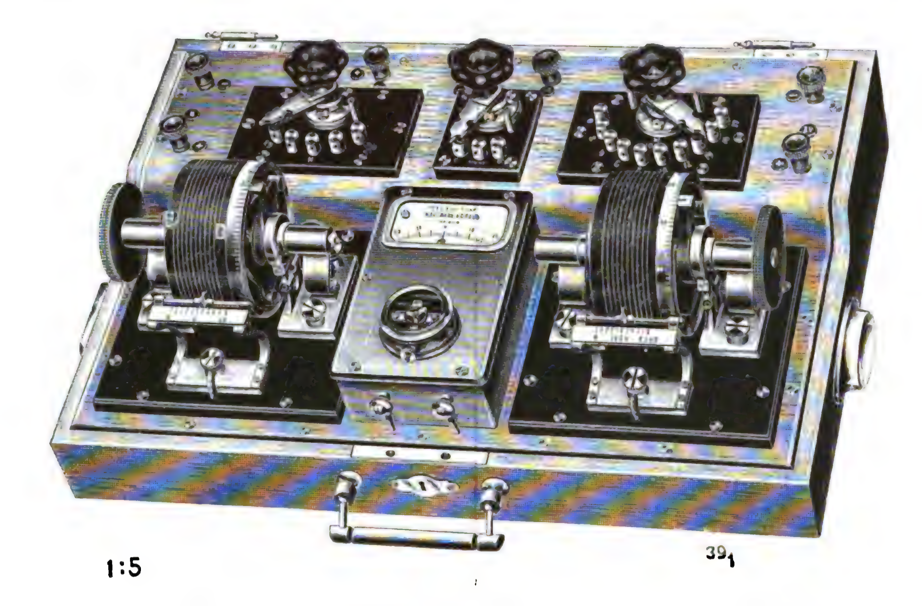
E. B.

Potentiomètre simplifié de Hartmann et Braun (Exposition de la Société de Physique, avril 1907). — Le nouveau potentiomètre de Hartmann et Braun est un modèle simplifié mais qui conserve encore l'avantage d'une grande étendue de mesures, puisqu'il permet de mesurer directement jusqu'à 1,9 volt, à un dix-millième de volt près, et qu'il peut aller jusqu'à 19 et 190 volts à l'aide d'un réducteur de potentiel contenu dans l'appareil lui-même.

La figure montre l'ensemble de ce potentiomètre. Deux cylindres de serpentine portent chacun 10 tours d'un fil à grande résistance. Sur le côté droit des cylindres se trouve un cercle de maillechort divisé en 200 parties sur lequel la position du cylindre peut être mesurée. Un contact glissant se déplace sur le fil lorsqu'on fait tourner le cylindre et prend une position que l'on peut repérer par le chiffre lu sur l'échelle placée en avant, ainsi que par le chiffre lu sur le cercle divisé ; cette double lec-

ture fait connaître, en valeur relative, la grandeur des résistances de chaque cylindre intercalées dans le circuit. La résistance de gauche sert seulement au réglage de l'intensité du courant. La résistance de droite est en série avec un rhéostat à manette composé de huit résistances exactement égales chacune à la résistance totale du fil et d'une neuvième égale à la moitié. Si l'on considère le fil comme valant 2000 (10 spires et 200 divisions par spire de fil) l'ensemble du rhéostat vaut 8,5 fois 2000 ou 17000 et le total, rhéostat et fil, 19000. La manette, du rhéostat, d'une part, et le contact du fil, d'autre part, permettent de limiter sur le circuit une fraction variable de 1 à 19000, de sorte que si par réglage du courant auxiliaire, fourni par un accumulateur relié aux bornes marquées 2 volts, nous amenons l'intensité à une valeur telle qu'il y ait une chute de tension de un dix-millième de volt par division, nous pourrons mesurer toutes les tensions jusqu'à 1,9 volt.

Le commutateur à trois directions placé au centre est destiné à fermer le circuit dérivé, comprenant la tension à mesurer et le galvanomètre, sur le circuit principal; il passe d'abord, comme dans la plupart des potentiomètres, par l'intermédiaire d'une résistance de 100000 ohms destinée à la protection du galvanomètre et ensuite relie directement le circuit dérivé au circuit principal. Un second commutateur, celui de gauche, sert à placer, dans le circuit dérivé, soit l'élément étalon attaché aux bornes N, soit la tension à mesurer reliée à la borne 0 et à une des bornes 1,9, 19 ou 190, selon la grandeur. Entre les bornes 0, 19 et 190 se trouve placée une résistance formant réducteur de potentiel, de manière à ne mettre en opposition, dans le circuit dérivé, qu'une différence de potentiel inférieure à 1,9 volt. L'appareil est complété par un galvanomètre à cadre mobile monté sur pivots, de sorte qu'il renferme tout ce qui est nécessaire à la mesure, à l'exception de l'élément étalon et de l'accumulateur qui doivent être placés à l'extérieur. La manipulation est la même que pour la plupart des potentiomètres.


1:5 39₁

H. A.

Électromètre à quadrants de M. Malclès (Communication faite à la Société française de Physique, séance du 7 juin 1907). — Les mesures électrométriques ont pris une très grande importance depuis quelques années. Le modèle d'électromètre à quadrants que M. Malclès a établi permet de se rendre compte de la forme des accessoires, des procédés de réglage, etc. Les quatre secteurs sont portés par des tiges de laiton, le long desquelles ils peuvent être déplacés, et ces tiges de laiton sont elles-mêmes portées par des disques en ébonite qui servent d'isolateurs. Le disque d'ébonite inférieur repose sur un bâti en fonte avec trois vis calantes; le disque d'ébonite supérieur porte le tube qui sert à supporter un second tube court qu'on peut élever ou abaisser plus ou moins; ce second tube porte un bouchon en ébonite traversé par la tige de laiton qui est destinée à supporter l'aiguille en aluminium, par l'intermédiaire d'un fil d'argent de $\frac{1}{200}$ de millimètre de diamètre. La cage de l'électromètre peut être soulevée et fixée le long du premier tube [1].

[1] Cet appareil est construit par la maison Pellin, 20, rue de l'Odéon.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

L'Hygiène du travail dans les établissements industriels et commerciaux; la Sécurité du travail dans les établissements industriels et commerciaux, par Louis GRILLET. Deux volumes format $19^{cm} \times 12^{cm}$, de 192 pages chacun, 9 et 26 figures, de l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix de chaque volume : broché, $2^{fr},50$; cartonné, 3^{fr}.

Ces deux Volumes forment la suite naturelle de deux autres déjà présentés ici : *la Législation des accidents du travail* et *la Réglementation du travail dans les établissements industriels*. En présentant ceux-ci, nous félicitions l'auteur d'avoir su rendre attrayante la lecture de questions aussi peu récréatives ; nous sommes heureux de constater que les deux Volumes qu'il vient de publier possèdent les mêmes qualités.

Dans le premier, l'auteur expose l'étude de l'hygiène générale des ateliers en commentant très complètement la loi du 9 juillet 1903 et les divers décrets ou arrêtés auxquels elle a donné naissance. Il traite de l'assujettissement des établissements et de la procédure appliquée par l'inspection du travail; successivement il passe en revue les causes de viciation de l'air, la propreté des locaux de travail, la désinfection, l'évacuation des eaux résiduaires (puits perdus, puisards, puits absorbants, éviers, etc.), les travaux dans les égouts, etc., les cabinets d'aisances (water-closet, fosse septique), l'aération, le chauffage, l'évacuation des vapeurs et des gaz, des buées, des poussières, des fumées et produits divers, l'installation des filtres à poussières et séparateurs, la pulvérisation en vase clos de substances toxiques, la ventilation des ateliers, l'humidification des salles de filatures, l'hygiène individuelle des ouvriers. Enfin, dans un dernier Chapitre, il étudie les prescriptions spéciales applicables à l'emploi de la céruse, aux fabriques de vert de Schweinfürt, à l'industrie de la poterie d'étain, à la manipulation du linge sale et au couchage du personnel.

Dans le second, M. Grillet donne la description des principaux appareils de protection et dispositifs de sécurité consacrés par l'expérience ou qui ont été suggérés à l'auteur par le souci de concilier la sécurité et la santé du travailleur avec les nécessités industrielles. En les signalant, l'auteur a surtout tenu compte de leur efficacité, de leur prix de revient et de la commodité de leur emploi; il a, en outre, voulu donner le moyen à tout industriel de les faire appliquer, sans études préparatoires, dans ses ateliers. Il y passe aussi en revue tous les travaux qui sont interdits aux enfants et aux femmes, puis il étudie successivement l'isolement des moteurs, les passages entre les machines, l'établissement des escaliers, la protection des puits, trappes, échafaudages, ponts volants, l'installation des monte-charges et ascenseurs, la protection des cylindres et cônes de friction, des bielles, manivelles, arbres, poulies, courroies, engrenages, volants, la protection des scies diverses, dégauchisseuses, raboteuses, toupies, etc., des meules-émeri, le maniement des courroies, la mise en train et l'arrêt des machines, les dispositifs d'arrêt des moteurs et de débrayage des machines opératrices, le nettoyage, le graissage et les réparations, les précautions contre l'incendie, l'isolement des appareils électriques, etc.

Histoire des idées et des recherches sur le Soleil; Révélation récente de l'atmosphère entière de l'astre, par H. DESLANDRES, de l'Institut. Un vol. format $23^{cm} \times 14^{cm}$, 147 p. Gauthier-Villars, éditeur.

Cette étude est extraite de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1907 et, en présentant cet Annuaire à nos lecteurs au début de l'année, nous la leur avons déjà signalée. Nous ne saurions y insister longuement ici, car, quoique plusieurs théories fassent intervenir le Soleil dans l'origine des perturbations du champ magnétique terrestre et dans la formation des aurores boréales, l'ensemble du sujet est très éloigné des préoccupations habituelles de la plupart de nos lecteurs. Qu'on nous permette toutefois de rappeler ce que nous disions alors : que le lecteur y trouvera sous une forme suffisamment condensée un exposé complet et méthodique des connaissances actuelles sur la constitution du Soleil. J. B.

Les Forces hydrauliques et les Applications électriques au Pérou, par Em. GUARINI. Brochure format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 24 p., 12 fig. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : 2^{fr}.

Dans cette brochure, l'auteur raconte son voyage au sud du Pérou, à Mollendo, Tambo, Arequipa et au lac Titicaca. Il étudie spécialement les forces hydrauliques dont dispose la région parcourue et leur utilisation au moyen de l'électricité. L'utilisation possible du lac Titicaca est la partie la plus importante de ce travail.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Traction : Ligne interurbaine Stockton-Lodi. — La Central California Traction Cy, qui exploite un réseau de tramways urbains dans la ville de Stockton en Californie, va établir une ligne interurbaine de 24^{km}, allant de Stockton à Lodi, et qui sera prolongée plus tard jusqu'à Sacramento sur 56^{km}. La traction se fera par courant continu, par trôlet à 550 volts dans les villes et par troisième rail à 1200 volts dans la campagne. Dans ce dernier parcours les moteurs fonctionneront directement à 1200 volts, mais l'éclairage, le chauffage et le compresseur fonctionneront à 550 volts par l'intermédiaire d'un groupe moteur-générateur abaisseur de tension.

Ces organes accessoires seront au contraire branchés directement sur le trôlet à 550 volts dans les parcours urbain s.

Chemins de fer electriques en Angleterre. — D'après *Electrician* il y a actuellement 272^{km} de chemins de fer exploités électriquement. Pendant 1905 le nombre de trains-kilomètres a atteint 13670000 et la dépense d'énergie en kilowatts-heures a été de 101000000.

L'électrification du chemin de fer de New-York, New-Haven et Hartford. — La partie électrifiée du chemin de fer de New-York, New-Haven et Hartford présente quelques dispositions particulièrement intéressantes dans l'état actuel de la question.

Sur une distance de 17^{km} entre New-York et Woodlawn les trains empruntent le réseau du New-York Central Railway qui est installé pour employer le système à courant continu à 600 volts avec troisième rail, et entre Woodlawn et Stamford, sur une distance de 35^{km} environ, le réseau privé du New-York, New-Haven et Hartford Railway qui est équipé avec le système à courant alternatif monophasé à 11000 volts, avec construction aérienne catenaire.

Les locomotives, par conséquent, doivent fonctionner aussi bien avec le courant alternatif à haute tension qu'avec le courant continu à 600 volts. Pour mener à bien des conditions de service aussi dissemblables, ces locomotives sont équipées avec des moteurs monophasés série-compensés Westinghouse, et emploient le système de contrôle électro-pneumatique à unités multiples. Le courant alternatif à haute tension est pris sur la ligne aérienne au moyen de trôlets pantographes et le courant continu est collecté sur le troisième rail par des frotteurs fixés aux bogies.

La ligne aérienne catenaire se compose d'un fil de cuivre en forme de 8 suspendu au centre de chacune des quatre voies. Le fil de trôlet est à une hauteur de $6^m,60$ au-dessus des rails et il est suspendu tous les 3^m environ à deux câbles de suspension en acier. Les câbles de suspension sont attachés à des isolateurs montés sur des charpentes métalliques en treillis construites au-dessus des quatre voies et distantes entre elles de 90^m. Tous les 3200^m une charpente plus robuste est construite pour l'ancrage des lignes aériennes qui y sont solidement fixées de chaque côté et sur laquelle les deux sections adjacentes de la ligne sont séparées par des isolateurs de section.

Ces charpentes d'ancrage sont pourvues d'interrupteurs permettant de couper le courant dans une section quand cela est nécessaire.

Par suite de la haute tension employée (11000 volts) aucun feeder n'est nécessaire et la transmission de l'énergie de la station génératrice à la locomotive est réalisée avec un maximum d'économie et de simplicité.

Électrochimie : Corindon artificiel. — La Norton Company Worcester Mass. fabrique actuellement du corindon artificiel en grande quantité. La bauxite, dont la Compagnie possède d'importantes mines, est d'abord chauffée dans des fours ordinaires pour lui faire perdre l'eau combinée, puis fondue au four électrique à une température variant de 3300° à 3800° C. Il y a 11 fours susceptibles de produire chacun 3^t de corindon artificiel par 24 heures.

Les blocs sont ensuite concassés, puis les morceaux passent dans des cylindres broyeurs, les réduisent en grains; enfin on les trie par tamisage.

Le corindon ainsi obtenu est plus dur que le corindon naturel. Dans l'échelle des duretés, si l'on donne au diamant le chiffre 10, le corindon naturel correspond à 9 et le corindon artificiel à 9,5. Un grain de corindon artificiel présente une résistance considérable à l'écrasement et, lorsqu'il se brise, il donne une cassure extrêmement nette et tranchante : qualité importante pour les matières abrasives.

Primes a l'industrie électrométallurgique canadienne. — Le Ministre des finances du Canada a présenté à la Chambre des Communes une résolution dans laquelle il déclare opportun le vote de crédits à affecter au paiement de primes à la fonte et à l'acier fabriqués électriquement avec des minerais canadiens. Ces primes seraient, par tonne :

Pour 1909 de	fr 10,5	pour la fonte et	fr 8,25	pour l'acier
Pour 1910 de	10,5	»	8,25	»
Pour 1911 de	8,5	»	5,25	»
Pour 1912 de	4,5	»	3, »	»



Tome VIII. **N° 86. — 30 juillet 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

GÉNÉRALITÉS.

Calcul comparatif du courant magnétisant d'enroulements monophasés et polyphasés, d'après le diagramme de Görges et la séparation du champ tournant en harmoniques, par W. KUMMER (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 27 juin 1907, p. 645-646). — L'auteur démontre que les deux procédés donnent des résultats absolument égaux, et il donne un certain nombre de Tableaux pour les cas non traités par Görges (*E. T. Z.*, 1907, p. 1, et *Revue électrique*, p. 200). Comme le développement du diagramme de Görges est purement mathématique, il est tout indiqué pour le contrôle des résultats obtenus par la méthode de séparation du champ tournant en harmoniques de Bragstad. L'auteur entreprend cette vérification et adopte les notations de Görges :

N, nombre de spires par paire de pôles;
n, nombre d'encoches par pôle et par phase;
f, la fréquence du courant;
δ, l'épaisseur de l'entrefer simple en centimètres;
S, la surface effective par paire de pôles;
J, le courant magnétisant efficace par paire de pôles;
E, la force électromotrice efficace par paire de pôles et par phase.

On obtient, pour le cas d'un enroulement triphasé à bobines étroites, le rapport

$$J = \frac{10}{4\pi}\frac{27}{\pi C_3}\frac{\delta}{S}\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

et, dans le cas d'un enroulement diphasé à bobines étroites,

$$J = \frac{10}{4\pi}\frac{16}{\pi C_2}\frac{\delta}{S}\frac{E.10^8}{N^2 f}.$$

La méthode de la séparation du champ tournant en harmoniques donne la formule générale

$$J = \frac{10}{4\pi}\frac{p\pi}{2\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_p}\frac{\delta}{S}\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

où p est le nombre de phases, k_m le facteur de force électromotrice de l'enroulement par rapport au $m^{\text{ième}}$ harmonique du champ tournant.

Ce facteur, pour n encoches par pôle et par phase et pour p phases, est égal à

$$k_m = \frac{\sin\left(m\frac{\pi}{2p}\right)}{n\sin\left(m\frac{\pi}{2pn}\right)}.$$

En effectuant les calculs, on retrouve les chiffres donnés par Görges. On a

$$\frac{27}{\pi C_3} = \frac{3\pi}{2\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_3},$$



pour un enroulement triphasé à bobines étroites, et

$$\frac{16}{\pi C_2} = \frac{2\pi}{2\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_2},$$

pour un enroulement diphasé à bobines étroites.

Pour un bobinage triphasé à bobines larges, les mêmes coefficients C_3 et $\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_3$ peuvent être utilisés en les multipliant par le facteur $\frac{4}{3}$, et l'on obtient ainsi

$$\frac{36}{\pi C_3} = \frac{2\pi}{\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_3},$$

et, pour un enroulement diphasé à bobines larges, les coefficients C_2 et $\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_2$ peuvent être utilisés en les multipliant par le facteur 2 de sorte que

$$\frac{32}{\pi C_2} = \frac{2\pi}{\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_2}.$$

En ce qui concerne les enroulements monophasés, Görges les a considérés comme des cas spéciaux des enroulements polyphasés. Si, au contraire, nous les considérons spécialement, nous obtenons les résultats suivants, en supposant N égal au nombre de spires total de l'enroulement monophasé par paire de pôles, E étant la force électromotrice :

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{4}{\pi C_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

d'après la méthode de Görges et le rapport

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

dans la méthode de séparation du champ en harmoniques et où

$$k_m = \frac{\sin\left(m\,\frac{2\pi n_1}{4n}\right)}{m\,n_1 \sin\left(\frac{2\pi}{4n}\right)},$$

n désignant le nombre total d'encoches par pôles pendant que n_1 représente le nombre d'encoches par pôles utilisées par l'enroulement monophasé; les encoches $(n - n_1)$ peuvent être vides ou contenir l'enroulement de démarrage.

A l'aide de la formule ci-dessus, il est possible d'obtenir les coefficients pour les cas traités par Görges.

1° Pour $n = \frac{3}{2}n_1$, on a, d'après Görges,

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{4}{\pi C_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f} = \frac{10}{4\pi}\,\frac{6}{\pi C_3}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

en tenant compte que les valeurs de N_a et E_a employées par Görges sont égales aux demi-valeurs N et E.

Conformément à la méthode de la séparation du champ tournant en harmoniques, on a

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f}$$
$$= \frac{10}{4\pi}\,\frac{\pi}{3\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_3}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f}.$$

Pour le cas spécial de $n = \frac{3}{2}n_1$, on a

$$\frac{4}{\pi C_1} = \frac{6}{\pi C_3} = \frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1} = \frac{\pi}{3\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_3},$$

où

$$C_1 = \frac{2}{3}C_3$$

et

$$\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1 = \frac{3}{4}\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_3,$$

pour $(n - n_1)_{\text{monophasé}} = (n)_{\text{triphasé}}$.

2° Pour le cas où $n = 2n_1$, nous obtenons le cas de l'enroulement monophasé consistant en une phase d'un enroulement diphasé, cas traité également par Görges, mais en tenant compte que les valeurs de N_w et E_w sont de mêmes grandeurs que N et E, on a alors

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{4}{\pi C_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f} = \frac{10}{4\pi}\,\frac{4}{\pi C_2}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

d'après Görges, et

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f} = \frac{10}{4\pi}\,\frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_2}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

d'après la méthode de séparation du champ tournant en harmoniques. Pour le cas spécial où

$$n = 2n_1, \qquad \frac{4}{\pi C_1} = \frac{4}{\pi C_2} = \frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1} = \frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_2},$$

on a

$$C_1 = C_2, \qquad \sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1 = \sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_2,$$

pour $(n - n_1)_{\text{monophasé}} = (n)_{\text{diphasé}}$.

Dans le cas spécial où $n = n_1$, c'est-à-dire où l'on a un enroulement uniformément réparti semblable à un enroulement de machine à courant continu, cas traité par Görges pour n très grand, on a

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{4}{\pi C_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

d'après Görges, et

$$J = \frac{10}{4\pi}\,\frac{\pi}{4\sum\left(\frac{k_m^2}{m^2}\right)_1}\,\frac{\delta}{S}\,\frac{E.10^8}{N^2 f},$$

d'après l'auteur. Si n est impair,

$$C_1 = \frac{2n^2 + n + 3}{3n^2};$$

si n est pair, on a

$$C_1 = \frac{2n^2 + 4}{3n^2};$$

d'après Görges et d'après l'auteur, le coefficient k_m est égal à

$$k_m = \frac{\sin\left(m\frac{\pi}{2}\right)}{mn\sin\left(\frac{2\pi}{4n}\right)};$$

l'auteur donne une série de Tableaux qui montrent l'accord entre les deux méthodes. E. B.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines génératrices : ALEXANDERSON. USAP. 849713, 29 juin 1905 (dynamo). — DERAIN. BF. 374337, 6 février 1907 (dynamos à tension constante et à vitesse variable). — — DNIÉPORT. DRP. 183518, 10 juin 1906 (pièces polaires amovibles pour machines électriques). — ELECTRIC AND TRAIN LIGHTING SYNDICATE LDT. DRP. 184087, 18 fév. 1904 (inverseur de pôles pour dynamos tournant dans les deux sens). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. BF. 374587, 16 fév. 1907 (disposition des enroulements auxiliaires à excitation pour la suppression des étincelles); 374785, 18 fév. 1907 (procédé pour la suppression des étincelles dans la marche des machines à courant alternatif). — LACY. BF. 374751, 16 fév. 1907 (perfectionnements aux dynamos). — LATOUR. BP. 3904, 1907 (dynamos). — MERSHON. BF. 375130, 27 fév. 1907 (procédé et appareil pour produire la distribution du flux magnétique); 375130, 12 mars 1907 (machine à courant alternatif). — USAP. 852027, 29 sept. 1904 et 853106 (appareil à courant alternatif). — MILLAN (MAC). USAP. 850664, 25 mai 1906 (dynamo unipolaire). — PAEGE. DRP. 184092, 3 juin 1906 (dispositif pour la génération temporaire de force et de lumière). — PIEPER et L'HŒST. DRP. 183515, 24 janv. 1906 (dispositif d'inducteurs mobiles et balais fixes permettant d'obtenir un courant toujours de même sens quand on change le sens de rotation de l'induit). — SCHAGEN. DRP. 183633, 16 mai 1905 (alternateur). — SCHERBIUS. DRP. 183815 (alternateurs mono ou polyphasés à collecteur). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 186466, 12 déc. 1905 (excitation des alternateurs munis de pôles de commutation). — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES DE BELFORT. BF. 376255, 20 mars 1907 (perfectionnements à la construction de machines dynamos électriques). — SOCIÉTÉ ANONYME DES HAUTS FOURNEAUX ET FORGES DE DUDELANGE. BF. 374749, 16 fév. 1907 (machine électrique unipolaire). — SULZBERGER. USAP. 850276, 3 avril 1906 (dynamo). — THOMSON-HOUSTON (ATELIERS). BP. 9117. 1906 (magnétos). — UNION ELETTROTECNICA ITALIANA. BF. 376123, 25 mars 1907 (perfectionnements à la construction des inducteurs). — WALKER. BP. 13078, 1906 (connexions pour alternateurs). — ZIEHL. DRP. 183794, 16 juin 1904 (génératrice mono ou polyphasée avec excitation à champ tournant engendrée par un courant alternatif). — *Accessoires pour dynamos, régulateurs, collecteurs, balais, etc.* : BALACHOWSKY. BF. 375525, 15 mai 1906 (moyen de régulation pour machines électriques. — BARKER. USAP. 851793, 13 nov. 1903 (porte-balais). — BROWN, BOVERI et Cie. DRP. 186381, 7 fév. 1906 (régulateur pour machines à courant continu avec pôles de commutation). — CHITTY. BP. 8430 et 9090, 1906 (refroidissement des dynamos). — FELTEN et GUILLEAUME. DRP. 184093, 19 mai 1906 (dispositif pour éviter les impulsions de courant quand on fait varier l'excitation). — MALLETT et DROHAN. USAP. 850237, 10 mai 1901 (porte-balais). — MASCHINENFABRIK ŒRLIKON. DRP. 183869 (dispositif pour éviter les étincelles dans les machines monophasées à collecteur). — RINGSDORF. BP. 498, 1907 (balais). — THE MORGAN CRUCIBLE CY. DRP. 183816, 26 juin 1906; BF. 374893, 20 fév. 1907; BP. 9794, 1906 (perfectionnements dans les porte-balais pneumatiques). — STUTTMANN. BF. 375362, 4 mars 1907 (disposition des balais dans les machines électriques). — THORNTON. USAP. 852686, 11 sept. 1906 (balais). — WELSH. USAP. 851461, 1er oct. 1906 (régulateur de voltage pour les génératrices à enroulement série).

Machines transformatrices : DESSAUER. DRP. 184707, 15 octobre 1905 (dispositif pour répartir des courants alternatifs à haute tension entre plusieurs tubes de Röntgen). — DEUTSCH TELEPHONWERKE G. M. B. H. DRP. 184709, 16 juin 1906 (condensateur à lames métalliques enroulées sur mandrin ou sur cadre). — GEHRKENS. USAP. 848893, 22 octobre 1903 (contrôleur pour transformateur à tension variable). — GUILLOZ. DRP. 185614, 5 août 1905 (tubes de Röntgen). — KITSEE. USAP. 847008, 10 juin 1904 (convertisseur). — KOCH. USAP. 846672, 24 janvier 1906 (redresseur de courant à tube à vide). — LEHR. DRP. 185611, 19 mai 1906 (réglage de la tension dans le secondaire de transformateurs triphasés au moyen de transformateurs auxiliaires). — MURGAS. USAP. 848676, 17 mars 1906 (transformateur à tension variable). — SALPETERSAURE INDUSTRIE GESELLSCHAFT. BF. 374278, 12 avril 1906 (procédé pour produire des arcs voltaïques à courant puissant, de longueurs relativement grandes). — SCHNEIDER et Cie. BF. 373942, 29 mars 1906 (commutateur redresseur de courants alternatifs). — WEDMORE. USAP. 848944, 11 nov. 1905 (dispositif de renversement du courant).

Piles : AUSTIN. USAP. 846081, 27 octobre 1905 (couple thermo-électrique en silicium et tellure). — JERABECK. DRP. 184697, 28 decembre 1906 (batterie galvanique avec éléments mobile autour d'un arc commun). — RITTER. DRP. 184730, 12 juin 1906 (éléments galvaniques dont le récipient constitue l'une des électrodes). — RUTER. BF. 374270, 4 février 1907 (élément galvanique). — VERGEADE. BF. 374159, 4 fév. 1907 (élément de pile).

Accumulateurs : AKKUMULATOREN FABRIK. A.-G. DRP. 184698, 5 avril 1906 (élimination des dépôts des accumulateurs). — DIAMANT. DRP. 184696, 24 décembre 1901 (augmentation de la durée des accumulateurs). — KRAUSE. USAP. 848559, 24 juin 1905 (support de plaque). — LAKE. USAP. 841815, 26 mai 1904 (cadres laminés formés de différents métaux). — SMITH. USAP. 374338. 6 fév. 1907 (bornes pour accumulateurs, batteries et autres appareils électriques).

Divers : CHAPMAN. USAP, 844300, 12 février 1906 (procédé pour neutraliser l'électricité statique en dirigeant de l'air chargé en sens contraire sur le corps à décharger). — SCHRÖDER et MULLER. USAP. 847974, 14 juillet 1905 (groupe moteur-générateur pour la charge des batteries).

[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français: BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

LES PLOMBS FUSIBLES.

La question des plombs fusibles a toujours été à l'ordre du jour; les renseignements que nous allons donner dans le cours de cette étude, forcément sommaire, sont le résultat d'expériences faites dans les conditions de la pratique courante, et seront susceptibles d'être utilisés avantageusement par tous les constructeurs. On y trouvera réunis les essais effectués sur les métaux les plus employés dans l'exploitation électrique, et les conditions dont on doit le plus se rapprocher pour arriver à un résultat assez précis.

Le lecteur n'ignore pas, en effet, combien peu ces appareils justifient leur nom d'*appareils de sécurité*. Combien d'usines utilisent un plomb fusible de 40 ampères, par exemple, devant fondre à 60 ampères, constatent, soit qu'à 70 ampères le plomb n'a pas encore fondu, soit qu'à 40, régime de fonctionnement, il a déjà sauté; ceci pour deux plombs identiques! Pourquoi ces deux résultats si différents avec un même fil?

C'est ce que nous allons tâcher de rechercher dans le cours de cette étude.

Qu'est-ce qu'un plomb fusible? a quoi est-il destiné? — Dans une installation électrique, il peut arriver qu'un récepteur, un moteur par exemple, conduisant les machines-outils d'un atelier, subisse une surcharge qui ne lui sera pas funeste sur le moment, mais qui, prolongée au delà d'une certaine limite, pourra le détériorer; de même, si ce moteur est calé brusquement, il est exposé à griller. Le plomb fusible a pour but justement de le protéger contre ces accidents malheureusement trop fréquents, de couper le courant dès que la surcharge a dépassé la limite de temps normale, et de l'isoler du circuit aussitôt que l'intensité du courant a atteint une limite dangereuse et pour le moteur et pour l'installation.

Pour remplir ces conditions, il ne suffit pas d'intercaler dans le circuit à protéger un morceau de métal quelconque; il faut employer un plomb homogène dont la section soit appropriée au courant qui y passe. La longueur n'est pas à négliger, non plus, car l'intensité peut passer du simple au double pour deux longueurs différentes.

Installation du fusible. — Une condition que l'on oublie souvent d'observer est de bien serrer ses attaches ou de placer sur celles-ci des écrous de serrage dont la surface soit proportionnée à l'intensité du courant qui doit y passer.

Dernièrement il nous était donné de voir dans un théâtre de Paris le plomb général fondre à tout instant, provoquant ainsi l'affolement du personnel chargé du service du tableau. Le plomb était très bon, et il fallut rechercher l'origine de ce mécompte dans une réduction mal comprise des frais de premier établissement et qui confine à la négligence.

En temps ordinaire, la consommation du courant était de 800 ampères au maximum, chiffre qui dans la circonstance se trouva porté à 1200, par suite d'une mise en scène spéciale, nécessitant un éclairage plus intense.

Le plomb fut naturellement changé, mais les écrous de serrage qui était prévus pour 800 ampères étaient insuffisants et chauffaient au point de faire fondre le plomb. Que fit l'électricien? Il ne fallait pas songer à interrompre la pièce; il shunta donc simplement son fusible, avec un câble, et l'âme tranquille s'en alla vaquer à son service comme à l'ordinaire.

Lors d'un incendie, on a l'habitude d'en rejeter la responsabilité sur les courts-circuits dès que l'on aperçoit des fils de lumière ou de téléphonie, peu importe. Si le feu s'était déclaré, cependant, dans le cas cité plus haut, on n'aurait pas pensé à un échauffement anormal des contacts, provenant de l'augmentation d'intensité passant dans le conducteur; c'est un cas fréquent de la pratique, on veut trop économiser sans se préoccuper des conséquences, alors qu'il est si facile de prévoir les choses.

On reproche souvent aux plombs fusibles de chauffer en marche normale; tel est cependant leur rôle. On conçoit aisément qu'un métal ne puisse fondre instantanément si l'on a une échelle de 300° à parcourir, de sa température normale à celle de sa fusion, comme cela a lieu pour le plomb.

Nous ne reviendrons pas sur la question de savoir si un coupe-circuit doit être placé avant ou après les interrupteurs; cela se détermine suivant les cas devant lesquels on se trouve en présence; telle solution, bonne dans l'un, peut être mauvaise dans l'autre.

Vaut-il mieux placer, dans une installation, des plombs uni- ou bipolaires? Dans les petites installations où l'on a pour ainsi dire tout sous les yeux, on peut employer les premiers; mais dans les



grandes aucune hésitation n'est possible, il faut employer la seconde; on est d'abord assuré qu'un des deux plombs fondra; ensuite, si deux canalisations sont près l'une de l'autre et qu'on établisse un pont sur deux fils voisins de noms contraires, on fera sauter le plomb de tête, sans savoir où se trouve le court-circuit.

Il ne faut pas craindre non plus de mettre les coupe-circuits sur presque toutes les dérivations; expliquons-nous : nous avons un circuit général de 150 lampes de 110 volts 16 bougies consommant 0,3 ampère par lampe. Nous plaçons sur ce feeder un plomb général de $150 \times 0,3 = 45$ ampères de régime normal, c'est-à-dire devant fondre à 70 ampères environ. S'il se produit un court-circuit par arc sur l'une des dérivations, le courant pourra atteindre 30 ampères dans cette partie du circuit, le plomb général ne pas sauter, mais la canalisation, elle, qui est parcourue par un courant trop intense, prendre feu.

Ce sont là des détails mesquins, mais qui ont leur réelle importance, surtout dans la recherche des défauts des installations.

Métaux employés dans la fabrication des fusibles. — Les métaux employés dans la fabrication des fusibles sont : le plomb et l'étain alliés dans la proportion 60 Pb + 40 Sn, le cuivre, le maillechort, le fer, l'aluminium et l'argent.

Jusqu'ici l'alliage *plomb-étain* a été le plus employé, quoique n'étant pas aussi facile à étalonner que les autres métaux; mais il a l'avantage de ne pas chauffer autant que les derniers, condition essentielle quand les fusibles sont près du bois.

L'*aluminium* ne s'oxyde pour ainsi dire pas à la température ordinaire, mais il en est autrement quand il est en circuit; on a vu des fusibles en aluminium réglés pour fondre à 300 ampères, fondre en marche normale à 200 ampères, le métal s'étant alors recouvert d'une mince couche d'alumine.

L'*argent* vierge s'emploie surtout dans les coupe-circuits haute tension, hermétiques, mais il est d'un prix de revient trop élevé.

Détermination d'un fusible. Formule de Preece. — Pour un fil de longueur suffisante, placé dans l'air calme, le courant capable de faire fondre un fil de diamètre d est donné par la formule

$$I = ad^{\frac{3}{2}},$$

dans laquelle a est un coefficient qui dépend, comme on le verra plus loin, de l'alliage composant le fusible, de sa longueur, etc. Nous allons mettre sous les yeux du lecteur quelques chiffres qui le fixeront de suite sur la valeur de a. Pour des fils dont le diamètre varie de $0^{mm},1$ à 1^{mm}, M. Preece trouve comme valeur de a :

Cuivre	80
Fer	24,6
Aluminium	59,2
Maillechort	40,8
2 Pb + 1 Sn	10,3

Pour des fils plus longs ayant 150^{mm} de longueur il donne :

Cuivre	70
Aluminium	47,2
Fer	18,75
Maillechort	30,75
2 Pb + 1 Sn	8,25

Des essais effectués récemment sur des fils de mêmes longueurs, et de longueurs différentes, il résulte que l'on a pour les différents métaux les valeurs consignées dans le Tableau suivant :

	Longueurs en millimètres.			
Métaux.	3.	50.	100.	150.
Cuivre	80	76,5	73	70
Aluminium	59,8	55	51	47,2
Maillechort	40,8	37,5	34	30,75
Fer	24,6	21	19,8	18,75
60 Pb + 40 Sn	10,3	9,5	8,6	8,25

Variations de a pour différentes longueurs et différents métaux. — Munis de ces chiffres, nous pouvons établir la série de courbes des différents métaux, depuis 3^{mm} de longueur jusqu'à 150^{mm}, et partir de là pour le calcul de nos fusibles (*fig.* 1).

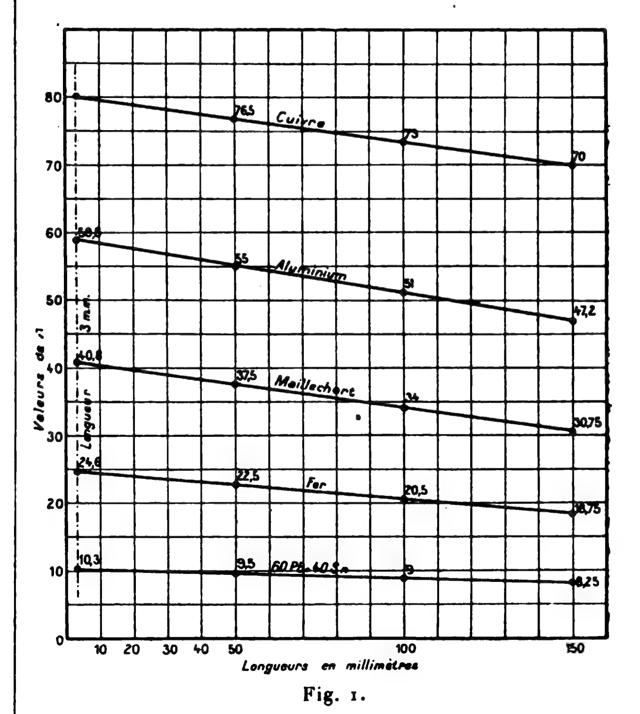


Fig. 1.

La deuxième série de courbes est le résultat d'essais faits sur des fusibles de 100mm de longueur; les contacts étaient excellents, et toute la section du fil utilisée, car on avait soudé les attaches aux bornes.

Comme on peut le voir sur la figure 2, pour un même diamètre de $\frac{13}{10}$, les intensités de fusion se répartissent comme suit :

	amp	°C.
Cuivre	115	1090
Aluminium	80	1000
Maillechort	64	950
Fer	31	1600
60 Pb + 40 Sn	15	330

Nous avons pensé qu'il serait utile de mettre sous les yeux du lecteur quatre Tableaux donnant les intensités de fusion en fonction des diamètres et des longueurs. Ces chiffres permettront de tracer des courbes qui pourront servir de barèmes dans la détermination des fusibles, soit plomb-étain, maillechort, aluminium et cuivre.

Il faut avoir naturellement des dimensions exactes; ainsi avec le cuivre (courbe de la *fig.* 2), si l'on prend un fil de $\frac{9}{10}$ au lieu de $\frac{10}{10}$ de millimètre, on constate qu'on passe brusquement de 42 à 75 ampères de fusion.

Diamètres en millimètres.	Ampères de fusion.															
	Maillechort. — Longueurs en millimètres.				Aluminium. — Longueurs en millimètres.				Cuivre. — Longueurs en millimètres.				Plomb-étain (60 Pb + 40 Sn). — Longueurs en millimètres.			
	3.	50.	100.	150.	3.	50.	100.	150.	3.	50.	100.	150.	3.	50.	100.	150.
	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
0.9	37,8	32	29	26,2	50	46,8	43,5	40	68	65	62	59	8,8	8,1	7,7	7
1	40,8	37,5	34	30,75	59,8	55	51	47,2	80	76,5	73	70	10,3	9,5	9	8,25
2	115	105	96	87	168	155	144	133	225	215	205	197	29	26,8	25,4	23,26
3	211	195	176	160	310	285	264	244	415	397	378	363	53,5	49,3	46,7	43
4	326	300	262	246	478	440	400	377	640	612	584	560	82,4	76	72	66
5	481	443	401	363	705	649	601	557	944	902	861	826	115	112	106	91,5
6	599	551	500	452	879	808	750	694	1176	1126	1073	1029	152	139,6	132,3	120
7	755	683	629	569	1106	1017	943	873	1480	1415	1350	1295	190,5	175,7	166,5	152,6

Si sur cette même courbe 2 nous portons en abscisses les sections en millimètres carrés, au lieu des diamètres, on voit que l'on a

$$\tan g \alpha = \frac{dI}{dS} = \delta.$$

Autrement dit, on aura toujours en un point quelconque de la courbe, la densité de courant correspondant à un diamètre donné. On pourrait partir de là pour déterminer notre fusible, mais le résultat ne serait plus aussi précis, car la densité de courant varie avec le diamètre et ne commence à devenir constante qu'à partir d'une certaine valeur.

Comparaison entre les fusibles. — Supposons que nous ayons à déterminer un fusible devant fondre à 115 ampères, par exemple, et de 100 millimètres de longueur. Quel métal devrons-nous employer au point de vue économique et de bon fonctionnement?

Si l'on a eu soin de tracer les courbes des différents métaux, on voit que nous devrons prendre comme diamètres respectifs :

	mm
Cuivre	1,3
Aluminium	1,7
Maillechort	2,0
60 Pb + 40 Sn	5,4

En comptant 20mm à chaque extrémité pour le serrage des contacts, on aura comme longueur 140mm; les poids correspondants seront :

	g
Cuivre	1,56
Aluminium	0,85
Maillechort	3,9
60 Pb + 40 Sn	8,5

En comptant le cuivre à 3fr,50 le kilogramme, l'aluminium à 7 francs, le maillechort à 5 francs, le plomb-étain à 2fr,40, nous aurons, comme prix de revient :

	fr
Cuivre	0,0058
Aluminium	0,006
Maillechort	0,0195
60 Pb + 40 Sn	0,02

On réalise donc, avec le cuivre et l'aluminium, une économie quatre fois plus grande, à diamètre égal, qu'avec le plomb.

Nous terminerons cette étude en ajoutant quelques renseignements qui peuvent être utiles dans l'industrie. Quand on emploie un fil fusible d'un certain diamètre, on constate qu'il est susceptible de fondre pour une intensité donnée en tant de secondes; il arrive fréquemment que le client demande



une limite de temps de fusion pour son fil; le constructeur doit donc établir des courbes donnant soit

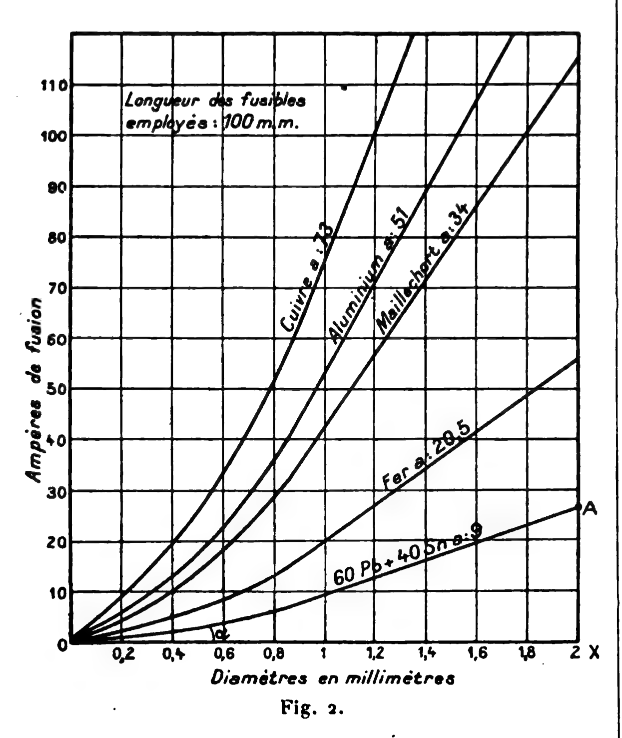


Fig. 2.

les points de fusion extrêmes, en fonction du temps, soit les intensités minima de fusion en fonction des

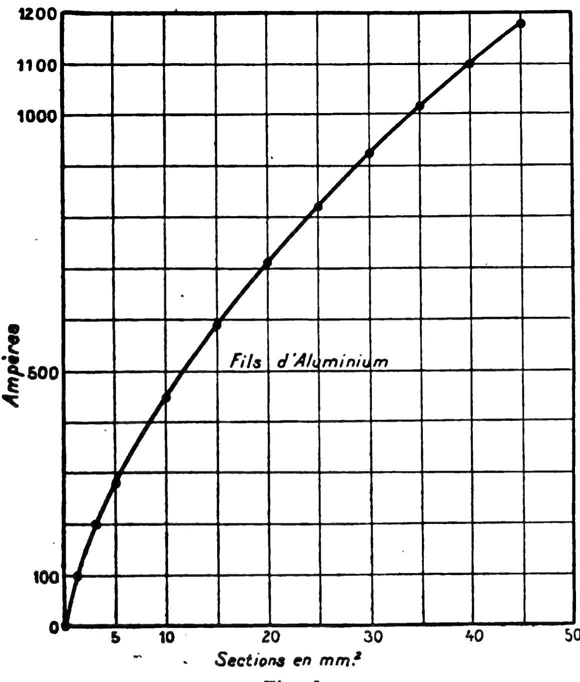


Fig. 3.

diamètres. On voit alors quel est le maximum d'intensité qu'on peut atteindre, ou alors, dans la partie

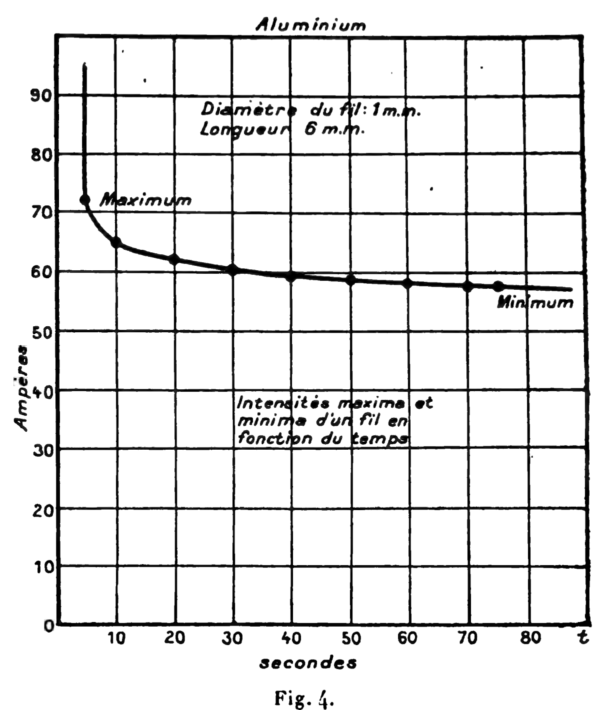


Fig. 4.

où la courbe devient asymptote à l'axe des temps, le régime de marche normale du fusible (*fig.* 3 et 4).

F.-H. Cinget.

TRANSMISSION A COURANT CONTINU.

Observations critiques sur le système de transport d'énergie au moyen de courant continu à haute tension (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 23 juin 1907, p. 473 à 477). — L'auteur fait la critique de la Communication de Highfield du 21 février 1907 devant l'Institution of Electrical Engineers à Londres.

Dans une installation de transport d'énergie de puissance considérable, la ligne de transport joue un grand rôle, spécialement si la distance est grande; il est donc utile de faire quelques observations sur l'isolement des câbles à courant continu et à courants alternatifs. Il est à remarquer que la tension de rupture de l'isolant croît moins vite que l'épaisseur de cet isolant. Cette loi est exacte pour les liquides et les gaz.

Baur a déterminé le rapport entre la tension et l'épaisseur pour un grand nombre de matières et l'énonce comme suit : soient D la tension en volts efficaces, t l'épaisseur en millimètres et k un facteur variable avec les différentes substances, on a

$$D = kt^{\frac{2}{3}},$$

k est la tension de rupture pour 1^{mm} de la matière con-

sidérée. Pour l'air, entre électrodes en pointes et en courant alternatif 50 périodes, on peut fixer $k = 2400$. Pour certaines matières bien imprégnées on a

$$k = 10000.$$

Il est très difficile de fixer le facteur de sécurité à adopter pour les câbles de transport d'énergie; on peut cependant accepter que la tension de rupture soit égale au triple de la tension de service, soit pour un câble à courants alternatifs pour 11000 volts et une épaisseur d'isolant de 9^{mm} :

$$3 \times 11000 = k' 9^{\frac{2}{3}}$$

et un câble à 20000 volts ayant une épaisseur d'isolant de 13^{mm} :

$$3 \times 20000 = k'' 13^{\frac{2}{3}},$$

d'où

$$k' = 7600 \qquad \text{et} \qquad k'' = 10800,$$

soit, en moyenne,

$$k = 9200 \qquad \text{(câbles exécutés en Angleterre).}$$

Rapport de la tension de rupture à courant continu à celle à courant alternatif.

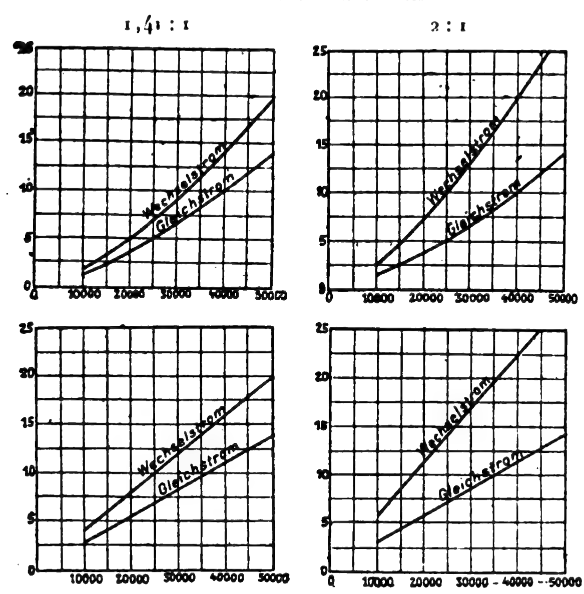


Fig. 1. — Courbes de la tension de service du câble pour différentes épaisseurs d'isolant.

Les ordonnées donnent l'épaisseur de l'isolant en millimètres.

Rapport entre la tension de rupture et l'épaisseur d'isolant :

La tension de rupture est proportionnelle à l'épaisseur.

La tension de rupture croît avec la puissance $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur.

Les abscisses donnent la tension de service en volts efficaces.

On a tenu compte, dans le calcul, qu'une épaisseur d'isolant de 14^{mm} était suffisante pour une tension de service de 50000 volts courant continu.

En se basant sur nos connaissances actuelles, on peut donc compter sur une valeur de $k = 10000$ environ.

Les conditions apparaissent sous un jour différent à la suite de l'affirmation qu'une matière isolante donnée pour une même épaisseur résiste à une tension deux fois ou deux fois et demie plus grande à courant continu qu'à courant alternatif. Au cours de sa Conférence Highfield a montré un câble en usage dans une installation de transport d'énergie en série à courant continu à 50000 volts ayant une épaisseur d'isolant égale à 14^{mm} entre le conducteur et le plomb; ce câble serait donc seulement utilisable pour un courant alternatif de 25000 volts, ce qui donnerait pour k la valeur de 13000 avec un facteur de sécurité de 3. L'ingénieur E. Jona est arrivé de son côté à une loi identique; sa formule est $D = kt^n$, n étant un exposant plus petit que l'unité diminuant avec le diamètre du conducteur.

Pour des câbles dont l'isolement comporte plusieurs couches de matières différentes, il est impossible d'établir une formule comparable aux précédentes. Peu de résultats ont été publiés sur le rapport existant entre la tension de rupture sous courant continu et la tension de rupture sous courant alternatif.

Les courbes de la figure 1 donnent les épaisseurs d'isolant à admettre en supposant que 14^{mm} soient suffisants pour une tension de 50000 volts courant continu pour deux rapports différents entre la tension de rupture à courant alternatif et la tension de rupture à courant continu.

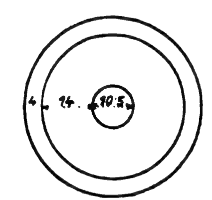


Fig. 2. — Section = $0^{cm^2},645$.

Poids de cuivre par km	$0^t,58$
» de l'isolant	$1^t,3$
» du plomb	$6^t,1$
Prix du cuivre	1392^{fr}
» de l'isolant	1248^{fr}
» du plomb	2928^{fr}
» du câble (matières) par km	5568^{fr}

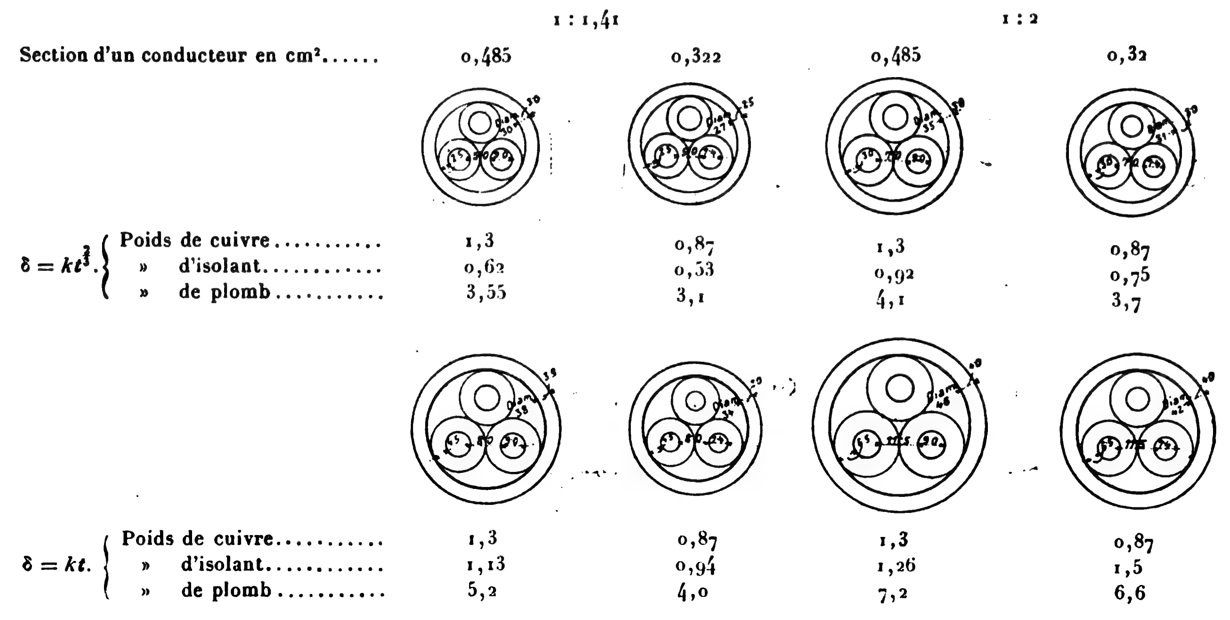
La figure 2 montre la section du câble pour courant continu à 50000 volts; les quatre câbles de la figure 3 sont établis pour une tension de 20000 volts, courant alternatif, entre fils et 11500 volts entre fils et plomb; les sections de cuivre de ces câbles sont respectivement $0^{cm^2},645$, $0^{cm^2},485$ et $0^{cm^2},322$.

Les dimensions des câbles et les poids de cuivre, isolant et plomb, sont également donnés. La figure 4 représente la distribution d'énergie à réaliser (présentée à l'Institution of Electrical Engineers); la distribution par courant continu est représentée par les traits pleins, celle à courant triphasé par les traits pointillés; les sous-stations sont indiquées par des points. La tension du courant continu est égale à 100000 volts, la ligne a une longueur de 135^{km} de câble de $0^{cm^2},645$; le milieu

de la distribution étant mis à la terre, l'isolement doit être prévu pour une tension de 50000 volts entre le conducteur et le plomb.

Pour la distribution triphasée il faut prévoir, pour une tension de 20000 volts entre fils, 84^{km} de câble à trois conducteurs de $0^{cm^2},485$ et 106^{km} de câble à trois

Rapport de la tension de rupture à courant continu à la tension effective de rupture à courant alternatif.



	1 : 1,41		1 : 2	
Section d'un conducteur en cm²......	0,485	0,322	0,485	0,32
$\delta = kt^{\frac{2}{3}}$. Poids de cuivre...........	1,3	0,87	1,3	0,87
» d'isolant............	0,62	0,53	0,92	0,75
» de plomb...........	3,55	3,1	4,1	3,7
$\delta = kt$. Poids de cuivre...........	1,3	0,87	1,3	0,87
» d'isolant............	1,13	0,94	1,26	1,5
» de plomb...........	5,2	4,0	7,2	6,6

Fig. 3. — Section de câbles à trois conducteurs pour 20 000 volts entre fils et 11 500 volts entre conducteurs et le plomb.

conducteurs de $0^{cm^2},322$ de section de cuivre par conducteur.

Si le point neutre est à la terre, l'isolement entre un conducteur et le plomb doit être prévu pour 11 500 volts courant alternatif. Il faut faire 139^{km} de tranchées pour loger le câble.

Highfield donne comme suit les dépenses d'établissement par kilomètre de câble pour courant continu :

	fr
0,58 t cuivre à 2400 fr par tonne....	1392
6,1 plomb à 4800 » »	2928
1,3 isolant à 960 » »	1248
Salaires, etc	3072
Total par km.............	8640

Pour les câbles triphasés l'auteur donne le Tableau ci-dessous :

SECTION du câble en cm².	RAPPORT de la tension courant continu au courant alternatif.	ÉPAISSEUR d'isolant suivant la formule	PRIX du cuivre.	PRIX du plomb.	PRIX de l'isolant.	PRIX du câble.	PRIX moyen du câble.
0,485	1,41	$D = kt$...........	3120	2496	1080	12000	11760
		$D = kt^{\frac{2}{3}}$..........	3120	1704	600	9840	
	2	$D = kt$...........	3120	3456	1680	14880	
		$D = kt^{\frac{2}{3}}$..........	3120	1968	888	10800	
0,322	1,41	$D = kt$...........	2088	1920	912	8880	9120
		$D = kt^{\frac{2}{3}}$..........	2088	1488	504	7440	
	2	$D = kt$...........	2088	3168	1440	12000	
		$D = kt^{\frac{2}{3}}$..........	2088	1776	720	8400	

2..

Highfield, dans son étude, avait admis le prix de 15600fr et 13440fr; la différence est sensible. Les frais totaux pour la distribution de la figure 1 étaient pour le courant continu égaux à 2568000fr et à 3384000fr pour le courant triphasé, soit environ 32 pour 100 de plus; d'après Highfield, la différence était de 60 pour 100.

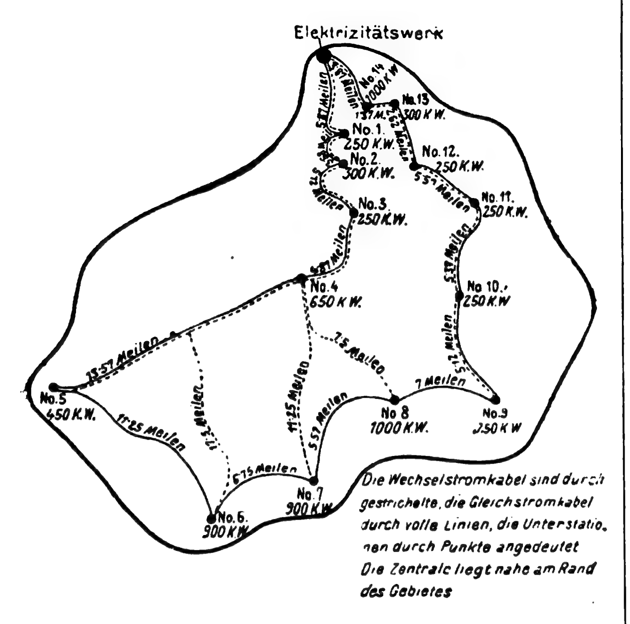


Fig. 4. — Schéma d'une distribution d'énergie.

L'emploi du courant continu est recommandable dans le cas seulement où il procure une économie considérable, ce qui n'existe pas dans le cas présent, car les frais d'installation des centrales sont beaucoup plus élevés qu'avec l'emploi du courant triphasé. D'après Highfield les prix d'installation de ces dernières sont les suivants :

Charge totale en kw.....	2400	14000	37800	110000
Prix par kw...........	561,6	340	298	287

Dans les mêmes conditions l'installation à courant triphasé reviendra à

Charge totale en kw...	2400	14000	37800	110000
Prix par kw..........	534	323,7	280	266,5

Les frais d'établissement des sous-stations donnés par Highfield peuvent être considérés comme exacts, mais le Tableau ci-dessous :

	Courant alternatif.	Par kilowatt.	Courant continu.	Par kilowatt.
Centrale 7000 kw..	2856000	408	3360000	480
Sous-stat. 7000 kw.	1680000	240	1680000	240
Ligne............	4776000	682,3	2981280	425,9
Total.........	9312000	1330,3	8021280	1145,9

qu'il donne également est modifié par l'auteur comme suit :

	Courant alternatif.	Par kilowatt.	Courant continu.	Par kilowatt.
Centrale 7000 kw..	2520000	360	3864000	252
Sous-stat. 7000 kw.	1680000	240	1880000	240
Ligne............	3384000	4848	2568000	367,2
Total.........	7584000	1084,8	8112000	1159,2

Les frais d'installation sont donc plus grands, d'après l'auteur, avec le courant continu qu'avec le courant triphasé; les conditions seraient encore plus avantageuses pour le courant triphasé transmis par ligne aérienne.

En ce qui concerne les frais d'exploitation, il convient de remarquer que la perte en ligne reste constante, quelle que soit la charge utile, par exemple 10 pour 100 à pleine charge, ce qui correspond à 20 pour 100 à $\frac{1}{2}$ charge, 40 pour 100 à $\frac{1}{4}$ de charge.

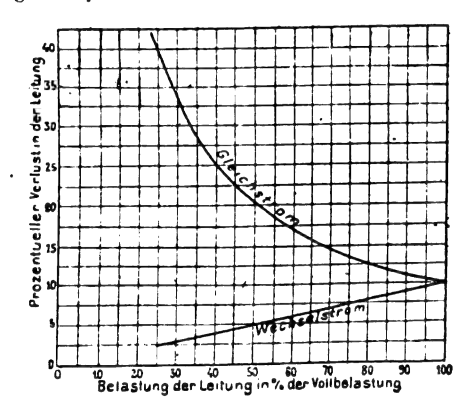


Fig. 5.

Belastung der Leitung in % der Vollbelastung = Charge du réseau en pour 100 de la charge totale. — Prozentueller Verlust in der Leitung = Pertes en lignes.

Dans le cas de courants triphasés, au contraire, la perte en ligne diminue avec la charge; si la perte à pleine charge est égale à 10 pour 100, elle est de 5 pour 100 à $\frac{1}{2}$ charge et de 2,5 pour 100 à $\frac{1}{4}$ de charge. La figure 5 montre les pertes en ligne pour les deux systèmes en fonction de la charge.

Dans l'établissement d'une distribution par courant continu à intensité constante, il est donc nécessaire de prévoir une perte en ligne très faible, Highfield avait prévu 3 pour 100.

L'auteur conclut que le système à intensité constante n'a pas un grand avenir pour les transports d'énergie de grande puissance. E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Prises de courant : *Bornes, boîtes de jonctions :* BAMBERGER INDUSTRIE GES. DRP. 182439, 27 sept. 1905 (boîte de jonctions). — BEVIS et KRAUSE. BP. 5676, 1906 (contact en métal et charbon). — GEBRÜDER, SIEMENS et Cie. BP. 21585, 1906 (contact en charbon et métal). — HALL. BP. 9146, 1906 (borne). — HEWER. BP. 7232, 1906 (boîte de distribution). — HIGHFIELD. BF. 372323, décembre 1906 (puits pour distributions électriques). — KJOBENHAVNS. BP. 14851, 1906 (distributeur). — LE TRANSMETTEUR INTERNA-

tional dit Haut Parleur (Société). BF. 372924, 26 décembre 1906 (distribution automatique d'électricité). — Mills. DRP. 182382, 3 sept. 1905 (contact électrique. — Smith. BP. 12773, 1906 (bornes). — Stotz. DRP. 182385, 12 déc. 1905 (boîte de jonction). — Stratton et Claremont. BP. 24682, 1906 (boîte de jonction). — Thomson-Houston (Société des Ateliers). BF. 373036, 27 déc. 1906 (dispositif d'établissement des contacts).

Interrupteurs et conjoncteurs : Bandixen. BF. 372311, 10 déc. 1906 (interrupteur). — Brown, Boveri et Cᵒ. BF. 373208, 24 déc. 1906 (dispositif amortisseur pour les interrupteurs). — Charbonneau. USAP. 843327, 21 novembre 1906 (conjoncteur automatique). — Felten et Guilleaume Lahmeyerwerke. DRP. 182395, 19 août 1905 (interrupteur tournant); BF. 373545, 14 janvier 1907 (conjoncteur progressif pour mise en circuit successive). — Hartman. USAP. 844353, 25 fév. 1904 (interrupteur). — Leonard. USAP. 845655, 21 mars 1901 (interrupteur automatique). — Richards. DRP. 182056, 28 déc. 1904 (conjoncteurs électromagnétiques). — Shaw. USAP. 844961, 2 août 1906. — Société alsacienne de Constructions mécaniques. BF. 372575, 15 déc. 1906. — Verdun. BF. 372386, 11 déc. 1906.

Commutateurs : Abel et Pervesler. BF. 372597, 15 déc. 1906. — Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. BP. 16359, 1906; DRP. 182959, 17 juillet 1906 (appareils à encliquetage pour commutateurs). — Atkinson. BP. 9915, 1906 (commande des commutateurs). — Berry. BP. 7162, 1906. — Brionnes. BF. 373434, 9 janvier 1907 (commutateur multipolaire). — Carver et Stout. USAP. 842624, 25 nov. 1905. — Electrical Devices Cᵒ. BP. 12477, 1906. — Elektricitäts Akt. Gesel. BP. 25229, 1906 (boîte de commutateur). — Elshoff. BP. 20450, 1906. — Eveleth. USAP. 844787, 23 juin 1903. — Field et Ferranti Ldt. BP. 5952, 1906 (commutateurs électromagnétiques). — General Electric Cᵒ. BP. 3781, 5893, 5893 A et 6001, 1906 (commutateur de haute tension). — Hahner. BP. 17419, 1906. — Irish. USAP. 843276, 16 juillet 1904 (commutateur automatique). — Kiell et Stow. BF. 373250, 27 déc. 1906. — Lewis. USAP. 843901 et 843902, 2 juillet et 9 août 1906. — Lowenherz. BP. 8235, 1906. — Moy, Bastic et Ernest. BP. 23629, 1906. — Pineau. BF. 373414, 9 janvier 1907 (commutateur automatique de sûreté). — Pinkerton. USAP. 844045, 9 mai 1906 (commutateur à commande pneumatique). — Raymond et Raymond. BP. 9329, 1906. — Record et Bevis. BP. 11690, 1906. — Sidebottom et Griesbach. BP. 3540, 1906. — Siemens et Cᵒ. DRP. 182445, 10 fév. 1906 (commutateur à temps). — Siemens-Schuckertwerke. BP. 22605, 1906. — Tourtel et Johns. BP. 7916, 1906. — Williamson. USAP. 842843, 3 fév. 1906 (commutateur de sûreté). — Wolters. DRP. 182054, 23 mars 1906 (commutateur multiple).

Systèmes : Highfield. USAP. 846566, 21 déc. 1906 (système de transmission à courant continu haute tension). — Troy. USAP. 848935, 19 juillet 1902 (système de transmission à potentiel constant et de distribution à courant constant). — Turbayne. USAP. 849705, 15 sept. 1904 (système de distribution et de régulation).

Canalisations. *Conducteurs* : Golding. USAP. 847935, 18 nov. 1905 (installation des conducteurs dans une conduite souterraine). — Ostrander. USAP. 847506, 19 nov. 1906 (moulure métallique pour câbles). — Platt, USAP. 847303, 4 août 1906 (conducteur destiné spécialement pour être relié à des balais en charbon). — Siemens et Halske. DRP. 184804, 16 déc. 1905 (conducteur souple). — *Supports, attaches, isolants* : Appleyard. BF. 374114, 1ᵉʳ fév. 1907 (procédé pour rendre certaines matières ou substances non conductrices de l'électricité et à l'épreuve des acides). — Brewer. USAP. 848085, 7 août 1906 (crochet pour ancrage terminal des conducteurs). — Brown. USAP. 847546, 3 août 1906 (corps creux isolé à travers lequel passe un pivot support noyé dans une substance incompressible). — Clark. BF. 374042 et 374043, 29 janvier 1907 (perfectionnements aux isolateurs). — Feuerstein. USAP. 849731, 24 août 1906 (isolateur). — Goldstein. USAP. 849606, 5 février 1906 (isolateur). — Meirowsky. DRP. 185493, 29 mars 1906 (isolateur). — Sonnenthal. BF. 374176, 8 janvier 1907 (crampon pour assujettir les fils conducteurs sur les isolateurs). — Tichenor. USAP. 849939, 19 mars 1906 (attache pour conducteur souterrain). — *Connexions, joints* : Freeman. USAP. 848819, 27 nov. 1906 (manchon de raccordement pour conduites). — Hartley et de Reamer. USAP. 848902, 22 avril 1905 (cheville et applique murale). — Hofmann. USAP. 849612, 1ᵉʳ juin 1903 (manchon de raccordement pour conducteurs). — Stevens. USAP. 849028, 11 fév. 1906 (connecteur pour fil flexible). — Stewart. USAP. 846158, 9 août 1906 (connexion). — Vogel. USAP. 848941, 25 fév. 1905 (cheville de connexion).

Coupe-circuits et fusibles : Cook. USAP. 843930, 12 juin 1905 (cartouche incombustible pour fusible); 845219, 16 avril 1906 (coupe-circuit fusible). — Dorman, Smith et Baggs. BP. 22845, 1906 (coupe-circuit). — Geisenhöner. USAP. 844791, 14 juillet 1904 (fusible combiné à un commutateur). — Kintner et Rosenblatt. BP. 24445, 1906 (coupe-circuit fusible). — Melhardt et Schussler. BP. 24346, 1906 (plombs fusibles). — Peard. BP. 3784 et 5170, 1906 (fusibles). — Rolfe. USAP. 843553, 19 avril 1905 (boîte pour fusible). — Scoccimarro. BF. 372555, 14 déc. 1906 (perfectionnements apportés aux boîtes de coupe-circuits). — Steller. USAP. 843852, 28 mai 1906 (coupe-circuit ou fusible). — Walder. DRP. 182059, 19 juin 1906 (coupe-circuit avec fusible). — White. USAP. 842738, 16 avril 1906 (fusible tendu entre deux pinces à ressort).

Régulateurs et appareils de contrôle : Bijur. BF. 372215, 16 nov. 1906 (système de régulation électrique). — Carey. USAP. 843733, 15 juillet 1904 (résistance variable pour régulation). — Dixon. BP. 19917, 1906 (appareil de contrôle). — Kallmann. DRP. 182962, 6 juillet 1906 (résistance de ballast automatique pour égalisation de la charge dans les réseaux de distribution). — Lahmeyerwerke. DRP. 182119, 27 mai 1905 (égalisation des réseaux triphasés). — Leitner. BP. 6690, 1906 (régulation du courant). — Leonard. USAP. 845656, 6 avril 1906 (contrôleur de circuit électrique). — Northrup. USAP. 843415, 18 oct. 1906 (amortissement de la fréquence d'un circuit au moyen d'une résistance ohmique synchrone). — Thomson-Houston (Compagnie française pour l'exploitation des procédés). BF. 372475, 26 nov. 1906 (système de contrôle). — Welsch. DRP. 182120, 26 nov. 1905 (réglage de tension dans les circuits alternatifs avec transformateurs additionnels). — White. USAP. 845023, 26 juin 1905 (système de contrôle).

Parafoudres : Lord et Erickson. USAP. 849148, 28 janvier 1907. — Pearson. USAP. 848045, 9 janvier 1906 (bloc fusible avec conducteurs tirés dans des tubes étroits). — Rolfe. USAP. 847372, 13 fév. 1903.

Dispositifs de protection divers : Fjare. USAP. 848982, 17 oct. 1904 (protection des lignes de transmission parallèles au moyen de deux transformateurs en série et d'un dispositif différentiel placé sur chaque ligne). — Schultz. BF. 374428, 9 fév. 1907 (dispositif pour faire connaître dans une station centrale l'endroit d'un réseau de distribution électrique où un coupe-circuit a fondu).

Divers : Lake. USAP. 840068, 24 juillet 1905 (tableau de distribution).

TRACTION ET LOCOMOTION.

MÉTROPOLITAINS.

Ouverture d'une ligne métropolitaine à Philadelphie (*Street Railway Journal*, t. XXIX, 16 février 1907, p. 276 à 285). — Ainsi que nous l'avons indiqué il y a 18 mois (*La Revue électrique*, t. V, 15 janvier 1906, p. 23 à 27), un réseau de lignes métropolitaines aériennes et souterraines, marquées en trait plein continu sur la figure 1, a été prévu à Philadelphie pour dégager le trafic très chargé des tramways élec-

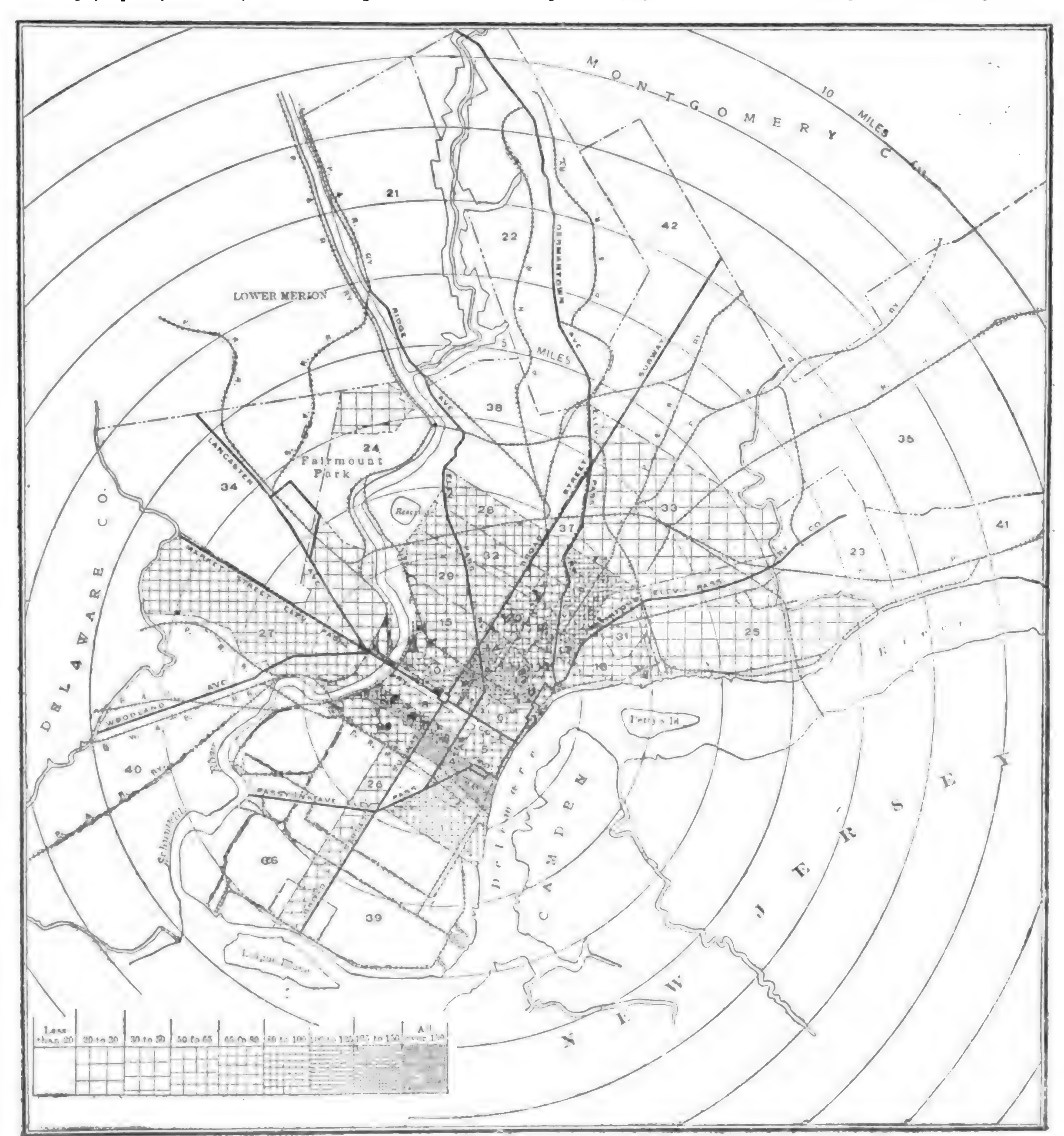


Fig. 1.

triques circulant sur les chaussées des rues. La première de ces lignes, celle de Market Street, a été ouverte entièrement au début de l'année 1907. La ligne de Frankford Avenue qui est en construction viendra en second.

La ligne, de 7^{km},2 de longueur totale (sur la figure les cercles sont distants de 1 mille de 1600^m), est souterraine sur 1230^m depuis la place de City Hall, située au centre de la ville (et marquée par un carré sur la figure 1), jusqu'aux approches de la rivière Schuylkill et devient ensuite aérienne sur les 5970^m restant du réseau. Elle est à 4 voies dans la partie souterraine, qui sera prolongée plus tard au delà de City Hall jusqu'à la rivière Delaware, et à 2 voies seulement dans la partie en viaduc.

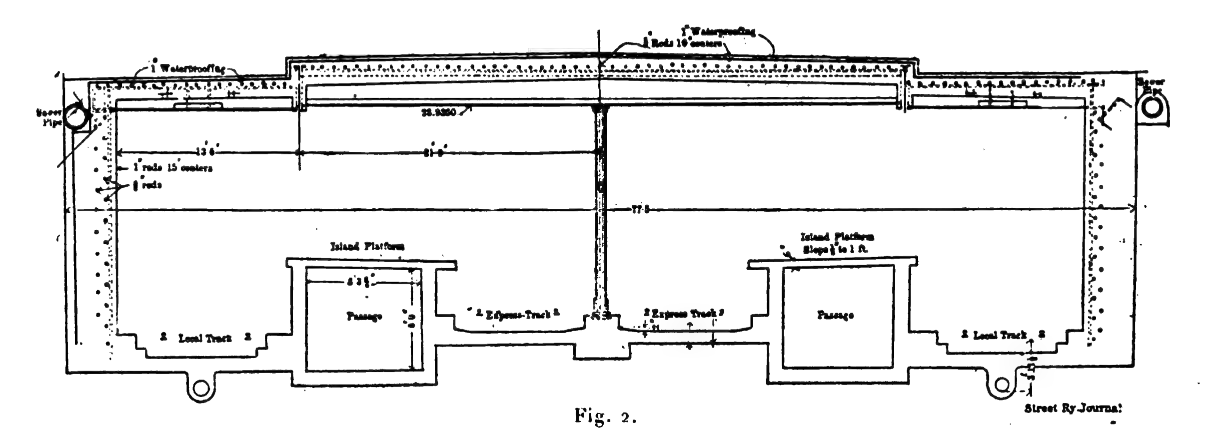


Fig. 2.

Nous reproduisons (en figure 2) la coupe du souterrain à 4 voies établi à une faible distance au-dessous du sol et qui comporte 2 voies montantes et 2 voies descendantes séparées seulement par une file de colonnes.

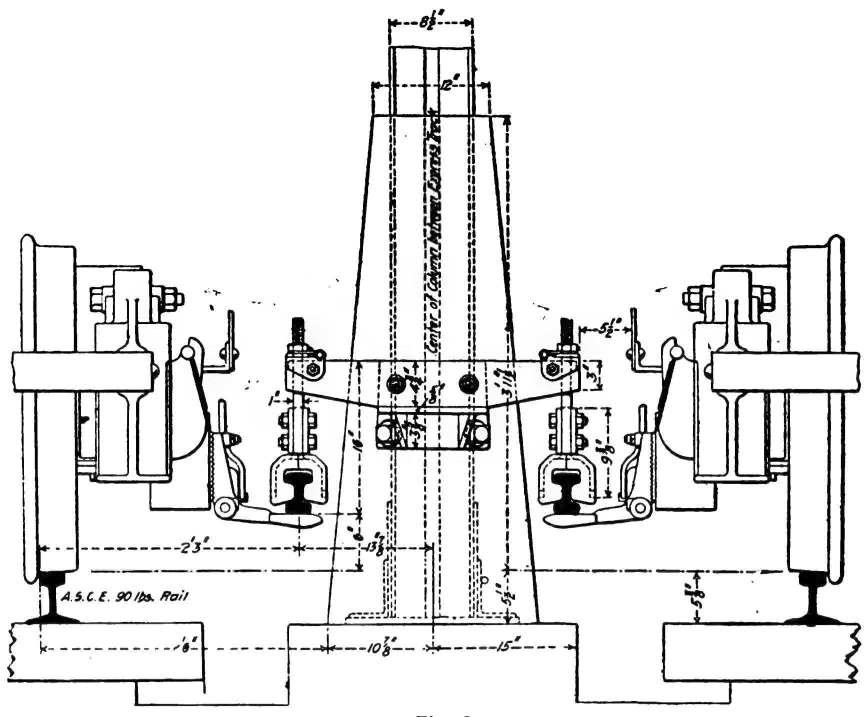


Fig. 3.

Les voies montantes ou descendantes comprennent chacune une voie extérieure pour les trains omnibus continuant sur la section aérienne, une voie intérieure pour trains express ne dépassant pas la section souterraine. Ces deux voies sont desservies par un quai commun audessous duquel se trouve un passage creux de service.

Afin d'augmenter la ventilation produite par les escaliers des stations, on a établi en six points de la ligne des cheminées dépassant le sol de 5^m à 6^m et communiquant avec le souterrain.

Au moment où avait été écrit l'article analysé l'an dernier, différents détails de construction de la voie et notamment la disposition de la prise de courant n'étaient pas encore arrêtés. Nous pouvons aujourd'hui donner quelques détails sur ce dernier point.

Sur les deux voies extérieures pour trains omnibus, susceptibles de transiter sur d'autres lignes déjà équipées avec le trôlet, la prise de courant se fait à l'aide d'un archet pantographe monté sur le toit des voitures, sur un fil aérien tendu au sommet de la voûte. Le montage de ce fil de trôlet ne présente rien de bien particulier. Sur ces voies les rails de roulement sont supportés sur des chaises espacées de $1^m,50$ et noyées dans du béton.

Sur les deux voies intérieures pour trains express les rails de roulement appuient sur des coussinets fixés par tirefonds sur des traverses en pin jaune. La prise de courant se fait sur un troisième rail pesant 32^{kg} au mètre et maintenu renversé (*fig.* 3) entre deux mâchoires solidaires d'une tige verticale filetée fixée sur une traverse horizontale. Cette traverse horizontale, boulonnée sur une colonne médiane du tunnel, supporte à ses deux extrémités les deux rails conducteurs des deux voies pour express, rails dont on peut régler la hauteur à l'aide des tiges filetées. Sur la surface inférieure de ces rails appuie, par sa face supérieure, un frotteur horizontal articulé, fixé contre un bloc de bois solidaire de la boîte à huile de l'essieu et rappelé de bas en haut par un ressort convenable. Cette disposition du troisième rail rend sa pose et surtout sa protection plus aisées.

Les voitures motrices entièrement métalliques, à 52 sièges, pesant 32 tonnes à vide et mesurant $14^m,90$ de long, portent chacune deux moteurs de 125 chevaux de la General Electric Cy.

DIVERS.

Voies de tramways à longrines en béton (*Génie civil*, t. LI, 6 juillet, p. 175). — Ce type de voie, établi à Dallas (Texas, États-Unis), ne comporte aucune traverse. Les deux files de rails sont reliées entre elles par des entretoises en fer rond de $0^m,019$ de diamètre attachées à mi-hauteur de chaque rail, qui alternent avec des barres de fer à section carrée passant sous les deux rails dont elles maintiennent l'écartement par deux attaches à chaque patin. L'espacement d'axe en axe de ces attaches, tantôt médianes, tantôt inférieures, est de $1^m,50$.

Les longrines en béton sous chaque rail ont $0^m,39$ de largeur et $0^m,33$ de hauteur; une couche de béton de $0^m,18$ d'épaisseur s'étend dans leur intervalle et à l'extérieur jusqu'aux trottoirs: la surface de la chaussée est asphaltée. Le béton et le pavage sont faits par la Compagnie concessionnaire du pavage de la ville et la Compagnie des tramways prend à sa charge la partie comprise sous chaque voie plus une bande latérale de $0^m,60$ de largeur à l'extérieur et de chaque côté.

Les rails ont 18^m de longueur et pèsent 48^{kg} le mètre courant. Dans les rues à voie unique, lorsqu'on opère des renouvellements, on interrompt le trafic pendant 7 jours pour laisser au béton le temps de bien prendre. A part quelques tassements partiels dans les fondations, les voies de ce type, dont le *Street Railway* du 20 avril donne la description, se sont parfaitement maintenues depuis 4 ans qu'elles sont en service.

Châssis de tramway à écartement variable des roues (*Génie civil*, t. LI, 6 juillet, p. 175). — Ce châssis, décrit dans *Electrical Engineering* du 25 avril, a été étudié pour des voitures du réseau de Bradford (Angleterre) destinées à desservir les lignes urbaines à voie de $1^m,22$ et certaines lignes de banlieue à voie de $1^m,435$. Il est constitué par un châssis à essieux fixes et à moteurs électriques suspendus comme à l'ordinaire. Les roues sont montées sur les essieux par l'intermédiaire de manchons fous, munis de gorges et de fourchettes, permettant de les faire coulisser latéralement. Enfin, ces roues sont maintenues en place par des doigts mobiles frottant sur les faces latérales des jantes, qui calent les roues dans leurs deux positions normales. On les relève pour changer de voie. Pour éviter un désengrènement ou un engrènement imparfait des pignons moteurs avec les roues dentées, les premiers sont construits très larges. Le passage de l'une à l'autre voie se fait au moyen d'une section formée de rails à raccordement divergent.

Ligne interurbaine Denison-Sherman (Texas, États-Unis) (*Génie civil*, t. LI, 6 juillet, p. 175). — L'importance de cette ligne nouvellement construite est secondaire, mais elle mérite d'attirer l'attention parce qu'elle montre qu'une ligne interurbaine réunissant deux villes peu populeuses, peut encore réaliser de sérieux bénéfices si elle a, sur son parcours, un centre d'attraction.

La distance qui sépare Denison de Sherman est de 17^{km} et la population de chacune de ces deux cités ne dépasse pas 15000 habitants. Cependant, en 1905, les recettes ont atteint 522955^{fr}, avec une dépense de 303415^{fr}. La voie unique n'a pas de pente supérieure à $1^{cm},5$ par mètre; sa construction n'a nécessité qu'une tranchée et quelques remblais et passerelles sans importance. Comme ballast, on a fait usage de sable et de cendres. Les rails, de 18^m de longueur, pèsent 35^{kg} le mètre courant et sont posés sur traverses en sapin. L'usine électrique, située vers le milieu de la ligne, à Woodlake, renferme deux génératrices de 200 kilowatts à 500 volts, actionnées par deux machines à vapeur Corliss. La transmission est à trôlet.

A Woodlake se trouvent deux parcs d'une contenance totale de 18^{ha}, sur lesquels 2^{ha} sont réservés aux noirs, qui sont exclus de la zone affectée aux blancs. Ce parc, que décrit le *Street Railway* du 20 avril, renferme un lac de 4^{ha}, un théâtre pouvant contenir 840 personnes et plusieurs attractions qui attirent beaucoup de promeneurs.

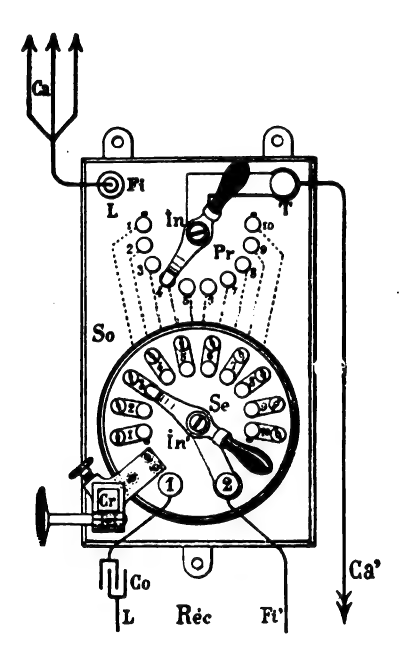


TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

Dispositif de réglage et d'accord pour les récepteurs des postes de télégraphie sans fil, par E. DUCRETET (*Comptes rendus*, t. CXLV, 16 juillet 1907, p. 171). — Ce dispositif d'accord, composé de deux spirales plates, superposées à une distance variable, permet de régler le nombre de spires des circuits inducteur et induit et d'obtenir ainsi rapidement différents degrés d'accouplement, faibles ou forts, soit avec les récepteurs à relais, soit avec les récepteurs radiotéléphoniques utilisés dans les postes de télégraphie sans fil.

La figure ci-dessous montre l'ensemble de ce dispositif d'accord avec spirales radio-inductrices à réglages.



Ces spirales, indépendantes l'une de l'autre, sont fixées l'une sur la tablette So, l'autre sur le disque Se; l'écartement le plus convenable entre les deux spirales est obtenu par le jeu de la crémaillère Cr.

La *spirale primaire* Pr est placée dans le *circuit antenne-terre* Ca Ca' et la *spirale secondaire* Se est combinée avec le circuit du radioconducteur ou du détecteur.

Les manettes In In' de Pr et de Se, placées sur les plots de fractionnement des spirales, permettent d'introduire dans les circuits respectifs le nombre de spires qui convient au réglage et l'accord le plus convenable. Ces réglages, combinés avec celui de l'écartement des spirales entre elles et de la capacité variable du condensateur Co, permettent d'obtenir rapidement l'*accord le plus parfait assurant la réception des radiotélégrammes aux très grandes distances*; pendant la réception ces réglages peuvent être aisément effectués.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Baronto, Muirhead et Edgard. BP. 8787, 1906 (télégraphe). — Blake. BF. 374755, 16 fév. 1907; USAP. 852647, 852648 et 852649 (procédé et appareil pour la transmission sous-marine des signaux). — Burry. USAP. 852495, 21 janv. 1905 (télégraphie multiple). — Carbonnelle. BF. 375339, 4 mars 1907 (procédé et appareil pour la téléauto-transmission d'images). — Crehore. USAP. 851071, 12 juillet 1902 (télégraphe automatique). — Devaux. BF. 375351, 14 fév. 1907 (télécommutateur). — Elektrischer Ferndrucker. DRP. 183321, 11 fév. 1906 (dispositif de protection pour télégraphes). — Goddard. USAP. 850364, 30 avril 1906 (transmetteur télégraphique à fiches). — Hutches. USAP. 848653 (télégraphe imprimant contrôlé électriquement). — Kitsee. BF. 374792 et 374884, 18 et 20 février 1907; BP. 10249 A, 1906; DRP. 182252, 10 mai 1906 (connexions pour conducteurs de grande capacité destinés à la transmission télégraphique); USAP. 850231, 24 avril 1906 (télégraphie sous-marine); 850305, 9 août 1906 (ligne télégraphique duplex). — Korn. USAP, 851174, 25 janv. 1907 (téléautographe). — Montgomery. BP. 3712, 1906 (télégraphe). — Steljes. DRP. 183251, 23 avril 1904 (télégraphe imprimant). — Stone. BP. 9781, 1906 (télégraphe). — Tunison. USAP. 850858, 27 juillet 1905 (dispositif pour connexion télégraphique temporaire). — Wright. USAP. 852484, 7 août 1903 (dispositif de sûreté télégraphique). — *Télégraphie sans fil* : Arco (Georg von). USAP. 851336, 27 juin 1905 (transmetteur constitué par un circuit oscillant ouvert combiné à un circuit de terre). — Eisenstein. DRP. 183808, 21 août 1906 (ondemètre avec dispositif indiquant le degré de résonance); BP. 7942, 1906 (télégraphie et téléphonie sans fil); USAP. 851621, 3 juillet 1906 (envoi de signaux sans fil au moyen de courants polyphasés). — Fessenden. BF. 375397, 375398 et 375399, 5 mars 1907 (émission de signaux). — Forest (Lee de). USAP. 852381, 4 déc. 1905 et 850917, 29 janv. 1907 (récepteur accordé). — Hochenegg. BF. 374501, 18 avril 1906 (dispositif pour renforcer les oscillations électriques). — Leidl. BP. 10404, 1906 (mâts pour télégraphie sans fil). — Maschinenfabrik Oerlikon. DRP. 183914, 27 mars 1906 (diminution de la résistance de l'intervalle d'air d'un oscillateur à pôles très écartés). — Pierce. BF. 375450, 7 mars 1907 (perfectionnements apportés aux appareils récepteurs de télégraphie sans fil). — Poulsen. BF. 375730, 375731 et 375732, 15 mars 1907 (dispositif de récepteur et transmetteur pour télégraphie sans fil). — Roycourt. BF. 375710, 21 mai 1906 (mode de réglage des appareils destinés à l'obtention des courants de haute fréquence).

Divers : Korn. DRP. 186369, 11 déc. 1906 (récepteur pour transmissions électriques de l'écriture, dessin, etc.). — Senlecq. BF. 375745, 15 mars 1907 (appareil destiné à transmettre à distance, par l'électricité, la vision avec le mouvement et l'instantanéité).



ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

EXTRACTION INDUSTRIELLE DU ZINC PAR VOIE ÉLECTROCHIMIQUE.

I. — CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES.

Le zinc est un métal d'intérêt commercial considérable et dont la production comme la consommation s'accroissent chaque année. En 1901, la production était de 499455ᵗ; en 1902, de 536670ᵗ et en 1903, de 562325ᵗ. Il importe donc de trouver des procédés économiques permettant d'arriver à satisfaire les demandes.

Le zinc se rencontre dans la nature à l'état de sulfure de zinc (blende) ou de carbonate de zinc (calamine), souvent mêlé avec du silicate (smithsonite). Les minerais de zinc sont surtout abondants en Angleterre, dans la haute Silésie et en Belgique, entre Liége et Aix-la-Chapelle, en Grèce, en Espagne. On en rencontre aussi de petites quantités en France, principalement dans les départements du Lot et du Gard.

La méthode généralement employée pour extraire le zinc de ses minerais consiste à convertir d'abord ces minerais en oxyde de zinc. La blende, chauffée au contact de l'air, subit un grillage qui transforme son soufre en gaz sulfureux, et son métal en oxyde. La calamine, fortement calcinée, abandonne de l'eau et de l'anhydride carbonique, et se transforme pareillement en oxyde. Une fois préparé de cette façon, le minerai est mélangé avec son volume de houille sèche et soumis à l'action d'une haute température : l'oxyde de zinc est réduit et le métal distille en même temps que de l'oxyde de carbone se dégage, suivant la réaction :

$$\mathrm{ZnO} + \mathrm{C} = \mathrm{Zn} = \mathrm{CO}.$$

Ainsi préparé, le zinc est loin d'être pur : il contient un grand nombre des substances qui l'accompagnaient dans le minerai et celles qui étaient dans le charbon servant à sa réduction.

Pour le séparer de la plupart des métaux fixes et du charbon, on le soumet à une distillation effectuée en chauffant le zinc impur au blanc dans une cornue tubulée : de cette façon la vapeur de zinc sortant par le tube latéral s'y condense et le métal liquide s'écoule dans un récipient contenant de l'eau. Pour faire disparaître les faibles quantités de soufre, de phosphore, de cadmium et d'arsenic qu'il contient encore, on le fait fondre avec un peu de nitre, qui oxyde le soufre et le phosphore, tandis que l'arsenic est chassé au moyen de chlorure de zinc ou de magnésium que l'on projette dans le métal fondu. On le distille de nouveau en mettant de côté les premiers produits de la distillation qui contiennent le cadmium. On obtient du zinc tout à fait pur en réduisant, par du charbon de sucre, l'oxyde de zinc pur.

La difficulté que présente l'extraction du zinc de ses minerais ou de ses sels au moyen de l'électrolyse provient de ce que le zinc tend toujours à se déposer de ses solutions sous forme spongieuse [1] et par conséquent inutilisable. Or, ce qu'il importe d'obtenir, industriellement parlant, c'est un métal pouvant être laminé et travaillé sans refonte préalable, d'autant plus que l'éponge de zinc s'oxyde très facilement.

D'après Brochet, si l'on veut avoir un bon dépôt de zinc il faut employer une grande densité de courant, sinon le dépôt est spongieux et il se produit à la cathode un fort dégagement d'hydrogène. La température a aussi une influence considérable sur la qualité de ce dépôt, et il en est de même de l'état d'acidité de la solution. Les oxydes qui prennent naissance dans la décomposition de l'eau sont cause de la production de zinc spongieux. L'éponge de zinc obtenu électrolytiquement renferme toujours de l'oxyde de zinc ou un sel basique, car elle laisse un résidu lorsqu'on la dissout dans le mercure.

Il faut donc, pour obtenir de bons résultats, rechercher les cas où il sera possible d'opérer en solution acide, tout en évitant cependant un trop grand excès d'acide qui aurait l'inconvénient de donner un dégagement très abondant d'hydrogène à la cathode : dans ce cas encore, le dépôt aurait peu de cohésion par suite des bulles gazeuses emprisonnées.

Les premiers essais relatifs à l'extraction industrielle du zinc de ses minerais et de ses sels par voie électrolytique semblent dus à Luckow et à Létrange, qui, il y a une trentaine d'années environ, obtinrent du zinc sous forme spongieuse, mais qui ne réussirent pas à préparer ce métal en masses fusibles et compactes. On est cependant arrivé, à la suite de longues expériences et de multiples recherches, à fabriquer en grand, à l'aide de l'élec-

[1] FŒRSTER et GÜNTHER, *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. VI, 30 nov. 1899, p. 301.



trolyse, du zinc compact pur, qui se laisse facilement refondre.

Suivant l'opinion de Siemens et Halske, la précipitation du zinc à l'état spongieux proviendrait uniquement de faibles quantités d'hydrogène déposées sur la cathode ou de traces d'hydrure de zinc de formule ZnH^2. Pour faire disparaître cet inconvénient, ils proposent d'absorber l'hydrogène par des halogènes libres ou par des combinaisons d'halogènes qui, en s'unissant avec l'hydrogène, formeront les hydrures des halogènes de ces combinaisons. Ainsi si la solution électrolytique est du sulfate de zinc, on peut utiliser dans ce but une solution faible de chlore, de brome ou d'iode, ou encore une solution faible d'acide hypochloreux ou hypobromeux libre.

On peut de même se servir de produits de substitution chlorés ou bromés solubles dans l'eau de substances organiques qui cèdent à l'hydrogène naissant leur chlore ou leur brome en se réduisant en combinaisons inférieures, telles, par exemple, que les chlorhydrines solubles dans l'eau de la glycérine ou des glycols. Un excès de chlore dans la solution de sulfate de zinc entraîne toujours la formation de l'acide hypochloreux, d'après l'équation suivante :

$$2SO^4Zn + 2H^2O + 4Cl = Cl^2Zn + Zn(SO^4H^2) + 3HOCl.$$

Les réactions chimiques produites par l'addition des corps en question peuvent alors s'expliquer comme suit : le chlore libre, en présence de l'hydrogène de l'hydrure de zinc, aussi bien qu'avec l'hydrogène libre, donne naissance à de l'acide chlorhydrique, d'après les formules :

$$ZnH^2 + 2Cl = Zn + 2ClH,$$
$$H + Cl = ClH.$$

L'acide hypochloreux provenant de la première réaction réagit sur l'acide chlorhydrique avec dégagement de chlore, tandis qu'avec l'hydrure de zinc et l'hydrogène, il donne du zinc, de l'eau et de l'acide chlorhydrique.

On peut donc écrire les trois équations suivantes :

$$ClH + HOCl = H^2O + 2Cl,$$
$$ZnH^2 + HOCl = Zn + H^2O + ClH,$$
$$2H + HOCl = H^2O + ClH.$$

Le chlorure de zinc résultant de l'action du chlore sur le zinc se transforme en sulfate par l'action de l'acide sulfurique séparé à l'anode et diffusé de celui-ci ; il se forme également de l'acide chlorhydrique, d'après l'équation :

$$Cl^2Zn + SO^4H^2 = SO^4Zn + 2ClH.$$

L'acide chlorhydrique provenant de cette réaction sépare de nouveau le chlore libre de l'acide hypochloreux et ce gaz réagit toujours à nouveau comme il vient d'être dit ; il est donc en grande partie régénéré, d'après cela, par la présence de l'acide hypochloreux dans la solution. Ainsi précipité dans ces conditions, le zinc obtenu serait compact et de couleur blanc d'argent.

Mylius et Fromm considèrent l'opinion de Siemens et Halske comme inadmissible ([1]) et, selon Borchers, la production d'hydrure de zinc pendant l'électrolyse des sels de zinc n'est pas prouvée ; en présence des acides sulfureux, phosphoreux et hypophosphoreux, par conséquent en présence d'agents réducteurs dans le compartiment de la cathode, ce dernier a obtenu les mêmes résultats que Siemens et Halske en employant du chlore, du brome, de l'iode et de l'acide hypochloreux.

D'après les expériences de Nahnsen ([2]), le zinc se précipite à l'état spongieux lorsque la pureté des solutions de sels de zinc se trouve fortement altérée par des métaux étrangers tels que le cuivre et l'antimoine qui facilitent l'oxydation du métal.

Indépendamment de la quantité absolue des métaux la teneur en zinc des dissolutions et la densité du courant joueraient également un rôle important dans les résultats obtenus. Si l'on emploie une solution contenant 100^g de zinc par litre, une quantité de cuivre égale à 25^{mg} par litre n'exerce aucune influence sur la nature et les propriétés du dépôt obtenu ([3]). Avec 50^{mg}, il se produit un dégagement de gaz nettement appréciable ; avec 150^{mg}, la production des mamelons s'effectue rapidement et avec 300^{mg}, le zinc se précipite très nettement à l'état spongieux.

D'après Pertsch, la production du zinc spongieux lors de l'électrolyse de solutions de chlorure de zinc, doit être attribuée à la formation d'acides haloïdiques, d'oxychlorures, d'oxychlorures basiques et d'autres combinaisons encore peu connues. Afin d'éviter la formation de l'éponge, il propose d'ajouter à l'électrolyte de l'oxalate de zinc dissous dans une solution d'acide oxalique ; en présence de ce sel, il ne se forme, d'après l'auteur, ni acide chlorique ni acide chloreux, et l'eau n'est pas sensiblement décomposée. Malheureusement ce procédé a contre lui son prix élevé, l'acide oxalique employé étant perdu, par suite de sa décomposition par les substances polarisantes. Son application

([1]) MYLIUS et FROMM, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XXVII, p. 630, et *Zeitschrift für anorganische Chemie*, t. IX, 1895, p. 144.

([2]) NAHNSEN, *Berg- und Hüttenmännische Zeitung*, 1891, p. 393.

([3]) KÖSNIG, *Dyngler's Polytechnisches Journal*, t. CCLXIII, et *Dreuss-Zeitschrift*, 1886, p. 91.

pratique mériterait donc de subir quelques modifications pour qu'il pût donner des résultats intéressants dans le cas d'une préparation en grand.

II. — Extraction électrochimique du zinc de ses minerais.

1° Procédé Luckow. — Luckow a proposé, en 1890, l'extraction du zinc de solutions de sulfate de zinc et de solutions de chlorure de zinc avec dissolution du métal des minerais à l'intérieur du circuit électrique.

D'après l'inventeur, on obtient du zinc à l'état grenu, par l'électrolyse de solutions concentrées de sels de zinc, en laissant agir l'acide mis en liberté sur le minerai de zinc et en allant à l'encontre de la polarisation à l'aide de procédés mécaniques ou chimiques. Comme cellules de décomposition, on se sert d'auges très longues, dans lesquelles on place les électrodes en séries alternantes et parallèlement aux petits côtés de l'auge.

Les cathodes sont constituées par des plaques de zinc, au-dessus desquelles on place une toile tendue sur un cadre; c'est sur cette toile que tombe le métal que l'on détache des plaques polaires. Entre les plaques de zinc, on dispose des boîtes en treillis ou des corbeilles qui dépassent un peu le niveau du liquide et qui sont remplies avec un mélange de charbon et de minerai de zinc ou de produits métallurgiques zincifères, ou de charbon seulement. Le courant arrive à ces vases par une plaque de métal située à la partie supérieure de l'appareil.

En employant comme électrolyte une solution de chlorure de zinc ou une solution de sel marin faiblement acide et comme anode un mélange de coke et de blende, le chlore mis en liberté pendant le passage du courant décompose la blende en dissolvant du zinc. Lorsqu'on n'emploie que du charbon comme anode, le chlore mis en liberté doit être rendu inoffensif soit mécaniquement par insufflation d'air, soit chimiquement par insufflation d'acide sulfureux.

On reproche à ce procédé d'être inapplicable en grand pour les causes suivantes :

a. Par l'emploi de minerais comme anode et la dissolution du zinc de ces minerais dans le bain qui est très peu pratique;

b. Par la précipitation du zinc à l'état spongieux, ce qui demande une autre série de traitements;

c. Enfin, par la non-attaque par le chlore des minerais de zinc grillés et l'attaque très faible de la blende.

2° Procédé de Létrange. — Ce procédé, qui a été appliqué à Saint-Denis sur une grande échelle, repose sur la transformation du zinc de la blende en sulfate en dehors du circuit [1] et sur la précipitation du zinc du sulfate en dissolution, au moyen du courant électrique.

Pour arriver au résultat désiré, les blendes sont grillées modérément et sans coup de feu pour obtenir du sulfate de zinc : le gaz sulfureux provenant du grillage est, pour cela, dirigé sur les minerais oxydés. Une fois obtenu, le sulfate est dissous afin d'exister à l'état de solution concentrée, puis le métal est précipité de cette solution, en employant comme anodes des plaques de graphite ou un métal inattaquable par l'acide sulfurique.

Ce qui est particulièrement intéressant dans ce procédé, c'est l'emploi, comme dissolvant, de l'acide sulfurique, emprunté au minerai lui-même; on peut employer n'importe quel minerai, et tout spécialement ceux qui sont peu recherchés ou même délaissés par les procédés actuels. Le grillage doit être effectué de telle façon que l'on puisse retirer du minerai la plus grande quantité possible d'oxyde, afin que la formation de sulfate de zinc ne laisse rien à désirer au point de vue du rendement. Les vapeurs sulfureuses qui ne sont pas retenues en combinaison par le minerai sont mises en contact avec la blende grillée ou la calamine, pour en convertir le zinc en sulfate ou en sulfite, lequel, exposé à l'air, ne tarde pas à se sulfatiser.

Une fois cette opération sommaire effectuée, les minerais se trouvent donc transformés en sulfates et prêts à être livrés au traitement électrolytique. On les introduit alors dans de grands bassins où un faible courant d'eau vient dissoudre le sulfate; puis la liqueur est dirigée dans une série de bassins qu'elle traverse lentement, en y déposant, sous l'action du courant, une partie du zinc qu'elle contient. L'acide sulfurique rendu libre s'élève à la surface des bains et s'écoule par déversement; il est amené sur les tas de minerais pour y dissoudre les oxydes de zinc tandis que le sulfate de zinc ainsi formé est prêt pour une nouvelle opération.

La marche des opérations est du reste ininterrompue, grâce à une différence de niveau entre les bassins et à un élévateur situé en un point déterminé du circuit. L'acide sulfurique étant sans cesse régénéré dans les bassins de précipitation, il suffit que les minerais contiennent une quantité de sulfate suffisante pour fournir l'acide qui est transformé par les matières étrangères du bain.

Le plomb, l'argent et les autres matières insolubles dans l'acide sulfurique sont recueillis dans le résidu et traités séparément.

Quant à la transformation de la blende en sulfate de zinc, elle s'effectue pratiquement de la façon

(1) H. Fontaine, *Électrolyse*, p. 124.



suivante : sans se préoccuper de la transformation plus ou moins complète de l'anhydride sulfureux en acide sulfurique, et en évitant la dépense de l'acide nitrique pour la production de ce dernier, on fait simplement passer les vapeurs produites par le grillage du sulfure dans des colonnes ou chambres contenant le minerai de zinc, entretenu constamment dans un état humide au moyen d'une pluie d'eau. L'anhydride sulfureux donne ainsi naissance à des sulfites qui se transforment ensuite en sulfates par une exposition à l'air libre.

L'appareil servant aux opérations d'électrolyse se compose de vases A pour la lixiviation de la blende grillée, d'un vase collecteur B pour la lessive et de bains C (*fig.* 1); les plaques *c* sont en zinc ou en laiton

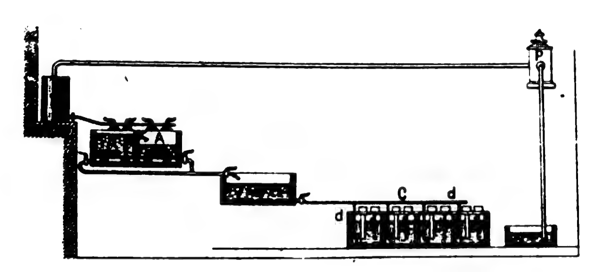


Fig. 1.

et elles sont placées vis-à-vis des anodes constituées par des plaques de charbon ; *o* représente les orifices des tubes de trop-plein et *d* les tubes amenant la solution de zinc à électrolyser entre les deux fonds de bains. La solution, une fois électrolysée et par conséquent devenue acide, passe, au moyen de la pompe P, du bassin collecteur qui se trouve audessous d'elle, dans le vase R, d'où elle s'écoule dans les caisses de lixiviation A.

3° Procédé Nahnsen. — Dans ce procédé, l'électrolyte se compose de sulfate de zinc en combinaison avec d'autres sels qui ne sont pas décomposés à la tension de courant employée; le poids de sulfate de zinc par litre est de 45g à 90g, à l'état cristallisé, additionné de 150g à 300g d'un sulfate alcalin suivant l'intensité du courant.

Les minerais sont d'abord grillés de la même manière que ceux qui sont actuellement soumis à la distillation dans les procédés métallurgiques ordinaires, puis ils sont introduits dans un appareil de dissolution et mis en contact avec des lessives acides bouillantes sortant des bains et ne contenant plus de zinc. La solution de zinc est ensuite neutralisée, clarifiée, traitée dans une des cuves avec de la poussière de zinc et envoyée dans les bains pour être électrolysée. Dans l'installation pratique du procédé, l'opération s'effectue automatiquement, aussi bien en ce qui concerne l'évacuation des résidus dézingués qu'en ce qui se rapporte au chargement du minerai.

Le métal est obtenu à l'état compact et il est très pur; sa proportion en zinc est de 99,9 pour 100.

4° Procédé Siemens et Halske. — Dans ce procédé on a cherché à éviter la polarisation, au moins en partie, en utilisant l'action secondaire de l'anion sur l'électrolyte [1]. La blende faiblement grillée est traitée en dehors du circuit par une solution de sulfate ferrique contenant une certaine quantité d'acide sulfurique libre. Le zinc dissous sous forme de sulfate de zinc, avec formation de sulfate ferreux et séparation de soufre, donne pour 1mol de zinc 2mol de sulfate ferreux :

$$ZnS + (SO^4)^3Fe^2 = SO^4Zn + 2SO^4Fe + S.$$

Une fois préparée dans ces conditions, la lessive zincifère est envoyée dans le bain où elle se rend d'abord sur les cathodes du circuit et ensuite sur les anodes. Une partie du zinc provenant de la décomposition du sulfate se porte sur les cathodes, tandis que le radical acide SO^4 se dirige vers les anodes. Le liquide, une fois dépouillé d'une partie de son zinc, coule sur les anodes où s'effectue précisément la transformation du sulfate ferreux en sulfate ferrique. On fait agir ce dernier sur de nouvelles quantités de sulfure de zinc et l'action électrolytique s'effectue de la façon suivante :

$$SO^4Zn + 2SO^4Fe = (SO^4)^3Fe^2 + Zn.$$

L'inconvénient de ce procédé consiste principalement en ce que la dissolution du sulfure de zinc ne s'opère que très lentement et très incomplètement et en ce que l'électrolyte renferme toujours une assez forte proportion de fer, comme on doit s'y attendre, par suite des réactions en présence.

5° Procédé Stepanow. — L'extraction électrolytique du zinc de ses minerais, par le procédé Stepanow, consiste à transformer tout d'abord en oxyde la blende ou la calamine au moyen d'un grillage, à traiter ensuite l'oxyde obtenu par l'acide sulfurique de manière à former un sulfate et à soumettre enfin celui-ci à l'électrolyse. L'anode étant inattaquable, il se produit, dans cette dernière opération, de l'acide sulfurique qui se diffuse dans le bain électrolytique mais qui donne lieu à plusieurs inconvénients : il y a d'abord redissolution d'une partie du zinc déposée à la cathode et en outre décomposition de l'acide sulfurique avec production de gaz hydrogène à la cathode, ce qui occasionne une dépense inutile du courant; enfin la solution étant acide, le dépôt de zinc est arborescent et ces

[1] Borchers, *Jahrbuch der Elektrochemie*, t. II, p. 160, et *Journal de l'Electrolyse*, juin 1900, p. 9.

arborescences peuvent, en se développant outre mesure, atteindre les anodes rapprochées des cathodes.

L'électrolyseur Stepanow [1], qui est construit de manière à éviter ces inconvénients, se compose essentiellement d'une grande cuve rectangulaire dans laquelle sont disposées verticalement et parallèlement les unes aux autres les cathodes et les anodes. Les cathodes sont constituées par des feuilles d'aluminium ayant environ 6^{mm} d'épaisseur; les anodes sont en plomb ou en substance conductrice recouverte d'une couche d'argent. Entre deux électrodes consécutives, on a disposé, sur des cadres en ébonite, des membranes en papier parcheminé qui ont pour but de s'opposer à la diffusion, dans le compartiment cathodique, du liquide acide du compartiment anodique. L'un des bords verticaux des électrodes et des cadres en ébonite est encastré dans les parois latérales de la cuve d'électrolyse de manière que le liquide puisse circuler d'une extrémité à l'autre de la cuve en donnant naissance à deux courants traversant, l'un tous les compartiments cathodiques, l'autre tous les compartiments anodiques. C'est ainsi que ce dernier courant commence par circuler le long d'une face de la première anode, de droite à gauche, par exemple; contourne le bord gauche de l'anode, qui est à quelque distance de la paroi correspondante de la cuve, revient ensuite vers la droite en longeant l'autre face de l'anode, est amené au compartiment anodique suivant par un conduit qui contourne le compartiment cathodique voisin, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité de la cuve. Le courant cathodique est établi de la même façon.

Quant à la liqueur qui a traversé tous les compartiments anodiques et qui est acide, elle est conduite dans un récipient contenant du minerai grillé : l'acide dissout l'oxyde de zinc du minerai et la liqueur ainsi régénérée est de nouveau soumise à l'électrolyse.

D'après l'inventeur, le bain est assez concentré, au cours de l'opération, pour produire, avec un volume de 125^{l} environ de solution, près de 15^{kg} de zinc par jour avec un courant de 600 ampères sous 3 volts.

6° Procédé du Bleiberg. — La transformation du zinc de minerais en chlorures a été tentée par plusieurs industriels qui ont essayé de la rendre pratique en effectuant les différentes combinaisons que nous allons indiquer. Les deux procédés qui méritent le plus d'attention concernent l'électrolyse soit du chlorure de zinc seul, soit du chlorure de magnésium contenant de l'oxyde de zinc.

[1] *L'Éclairage électrique*, 26 janvier 1901, p. 150, et 25 mai 1901, p. CI.

Au Bleiberg (Belgique), les expériences ont été effectuées avec une solution de chlorure de zinc, préparée par le traitement de la calamine ou de la blende grillée avec de l'acide chlorhydrique. Les anodes sont en graphite ou en charbon et les cathodes sont formées avec des lames de zinc. Il ne semble pas qu'on ait cherché à utiliser le chlore pour la préparation de quelques dérivés de ce métalloïde. Mais quand bien même on se servirait du chlorure dans ce but, le procédé reviendrait trop cher pour les minerais de zinc proprement dits, parce que le chlorure de zinc doit être préparé par le traitement des minerais au moyen d'acide chlorhydrique ou de perchlorure de fer, ou par grillage chlorurant de ces derniers. C'est ainsi que, pour produire 1^{kg} de métal par cette méthode, il ne faudrait pas moins de 18^{kg} de charbon, ce qui la rend naturellement inapplicable à une exploitation industrielle.

7° Procédé Heinzerling. — Ce procédé consiste à dissoudre, au moyen d'une lessive de chlorure de magnésium, l'oxyde de zinc provenant de la blende grillée, de la calamine calcinée ou des produits métallurgiques contenant de l'oxyde de zinc et à soumettre le produit obtenu à l'action du courant électrique. Avec une densité de 200 ampères par mètre carré, le zinc est précipité de la solution et la lessive de chlorure de magnésium qui reste ensuite peut être utilisée pour la dissolution de nouvelles quantités d'oxyde de zinc.

Les substances zincifères doivent, suivant leur teneur en oxyde de zinc, être bouillies avec 7 à 14 fois leur poids de lessive de chlorure de magnésium à 1,26 ou 1,29 de densité, et, pendant l'ébullition, qu'il est préférable d'effectuer sous une pression de 2^{atm} ou 3^{atm}, les masses doivent être brassées. De même, afin d'éviter la formation d'un oxychlorure de magnésium, l'opération doit être effectuée en vase clos : celui qui s'est formé dans la lessive doit être transformé en chlorure par l'action de l'acide chlorhydrique.

8° Procédé Lamotte-Doucet. — Ce procédé, qui a été également appliqué aux minerais de zinc du Bleiberg, consiste à dissoudre le minerai préalablement grillé dans l'acide chlorhydrique du commerce, de manière à obtenir une solution concentrée et neutre de chlorure de zinc. Le fer est éliminé au moyen de chlorure de chaux et d'oxyde de zinc et il se précipite à l'état d'oxyde ferrique. Le chlorure de zinc ainsi obtenu est soumis à l'action du courant électrique avec des anodes en graphite et des cathodes en zinc. Pendant l'électrolyse, le zinc se dépose sur la cathode et le chlore se dégage à l'anode.

L'inconvénient de ce procédé consiste en ce que



l'anode se polarise assez vite et que, par suite, le courant ne précipite le métal que pendant un temps très court.

9° PROCÉDÉ KILIANI. — Parmi les méthodes indiquées pour traiter électrolytiquement les minerais de zinc en solutions alcalines, nous en signalerons spécialement trois qui présentent un certain intérêt au point de vue de la précipitation du zinc.

Le procédé Kiliani (¹) consiste à dissoudre, en dehors du circuit, le zinc des minerais et autres produits métallurgiques, en le traitant par une solution d'ammoniaque additionnée de carbonate d'amonium ou d'un alcali fixe; on le précipite ensuite de la solution par le courant électrique. Les cathodes sont constituées par des lames de zinc ou de laiton et les anodes par des plaques de tôle. Le zinc peut ainsi se précipiter sur la cathode à l'état compact, tandis qu'il se sépare à l'anode une quantité d'oxygène équivalente au zinc précipité.

On recueille dans des cuves particulières la lessive qui provient des bains d'électrolyse, et on la fait retourner de nouveau dans ces derniers, à l'aide de pompes, afin qu'elle puisse servir à une autre opération.

10° PROCÉDÉ HŒPFNER. — Le zinc de l'oxyde de zinc, provenant du minerai, est dissous au moyen d'une solution alcaline et, pour séparer le métal, on amène la solution aux cathodes du bain (²), alors qu'aux anodes on obtient, par la décomposition des chlorures alcalins, du chlore ou des chlorates alcalins.

La dissolution, une fois dépouillée des métaux étrangers qu'elle peut renfermer, au moyen de poussière de zinc, est introduite dans le compartiment des cathodes, tandis que dans le compartiment des anodes il y a une solution de chlorure qui doit être toujours maintenue au même degré de concentration et dans laquelle doivent se trouver des chlorures alcalins, tels que des lessives de carnallite ou des lessives finales du procédé à l'ammoniaque.

Lorsque le courant traverse l'électrolyte, le chlore se porte sur les anodes, tandis que les alcalis passent dans le compartiment des cathodes et se réunissent aux alcalis qui s'y trouvent déjà. Le chlore peut être recueilli et utilisé tel quel ou pour la préparation de produits chlorés. Comme nous le verrons dans quelques lignes ce procédé modifié a reçu une application dans l'extraction du zinc des cendres de pyrites.

11° PROCÉDÉ ROTHMANN. — Dans ce procédé le minerai concassé est amené dans une cuve à électrolyse et mis en contact avec les cathodes. Comme électrolyte on emploie des lessives alcalines ou des sels neutres (sulfate d'ammoniaque ou de sodium, chlorure d'ammonium) seuls ou en présence d'autres sels, suivant la composition du minerai et suivant que le dépôt des métaux accompagnant le zinc doit être favorisé ou retardé.

Les blendes non grillées exceptées, tous les autres minerais (oxydes ou carbonates) peuvent être traités par ce procédé sans qu'il soit nécessaire d'effectuer une préparation préalable des matières entrant en jeu pendant l'opération.

III. — EXTRACTION ÉLECTROCHIMIQUE DU ZINC DES CENDRES DE PYRITE ET DES MINERAIS COMPLEXES.

1° PROCÉDÉ HŒPFNER. — Le procédé Hœpfner modifié a été appliqué industriellement à la préparation du zinc au moyen des cendres de pyrites et c'est dans les usines de la grande Compagnie anglaise Bruner, Mond et Cº, de Northwich (Angleterre), et dans celle de Fuhrfort-sur-Lahn, en Allemagne, que s'effectue le traitement de ces cendres.

Ces dernières sont les résidus du grillage de pyrites blendeuses, dont le soufre a été transformé par grillage en gaz sulfureux et employé sous cette forme pour la préparation de l'acide sulfurique; elles contiennent du peroxyde de fer et des quantités variables de sulfure, d'oxyde et de sulfate de zinc. Comme elles ne peuvent être utilisées comme minerais de fer qu'autant qu'elles ont été débarrassées de leur zinc, on a cherché un procédé permettant de recueillir à la fois le fer et le zinc.

Pour l'extraction du zinc, différentes méthodes électrolytiques ont été proposées; nous nous arrêterons simplement à la description de celle indiquée par Hœpfner.

A l'usine de Bruner, Mond et Cº, qui produit journellement environ 3^t de zinc et 9^t de décolorants, le point de départ est une cendre de pyrite débarrassée de son soufre au cours de son oxydation et dont la teneur est de 10 à 12 pour 100 de zinc. Cette cendre est soumise à un grillage chlorurant, puis lixivée au moyen de la solution provenant des cuves à électrolyse.

La liqueur ainsi obtenue contient du chlorure de zinc, du chlorure de sodium, du sulfate de sodium et les chlorures des divers métaux contenus dans la pyrite. Pour éliminer le sulfate de sodium, il suffit de faire cristalliser la solution à la température de $-5°$; puis le fer et le manganèse sont précipités par addition de marbre (carbonate de calcium) et de chlorure de chaux. Les autres métaux présents sont déplacés par le zinc métallique lui-même pendant la marche de l'opération.

(¹) KILIANI, *Berg- und Hüttenmännische Zeitung*, 1883, p. 215.

(²) *L'Electrométallurgie à l'Exposition de* 1900, Paris, Dunod, 1902.

Finalement, on est en présence d'une solution contenant 20 pour 100 de chlorure de zinc et 22 pour 100 de chlorure de sodium. On soumet celle-ci à l'électrolyse, après addition d'acide chlorhydrique, la densité du courant étant de 1 ampère par décimètre carré et la tension par bain de 3,3 à 3,6 volts. Le zinc se dépose à la cathode; il est très pur, mais il est cependant nécessaire de le refondre. Le chlore qui se porte à l'anode est généralement utilisé pour la préparation du chlorure de chaux.

Ce procédé ne semble devoir permettre des résultats commerciaux suffisamment rémunérateurs que grâce à la valeur des sous-produits recueillis, le chlorure de chaux en particulier. Mais ce qu'il est intéressant de faire remarquer, c'est que l'on peut tirer parti des résidus zincifères ne contenant seulement que 10 pour 100 de zinc, alors que les méthodes ordinaires exigent un produit titrant 50 pour 100 de zinc au minimum et consomment par tonne de métal produit de 3^t à 4^t de charbon et plus de 200^{kg} de produits réfractaires.

2° Procédé Ashcroft. — Les minerais complexes de plomb et d'argent, tels que ceux de Broken-Hill, en particulier, dans la Nouvelle-Galles du Sud, contiennent parfois de grandes quantités de zinc, et il importe de chercher à en extraire ce métal le plus complètement possible avec une dépense minima de produits et d'énergie.

Le procédé Ashcroft, qui s'applique particulièrement au traitement du minerai de Broken-Hill (mélange intime de blende et de galène argentifères), permet d'extraire électrolytiquement le zinc contenu dans ces sulfures; plusieurs usines ont même été installées pour l'application en grand de ce procédé et elles produisent journellement une assez grande quantité de zinc pur.

La première phase de l'opération consiste à soumettre le minerai à un grillage oxydant : l'oxyde de zinc est dissous sous forme de chlorure par un traitement au moyen de perchlorure de fer, et de cette façon le fer se sépare de la combinaison à l'état d'oxyde hydraté, selon la formule

$$3H^2O + 3ZnO + Fe^2Cl^6 = 3ZnCl^2 + Fe^2(OH)^6.$$

Le minerai, une fois débarrassé de la plus grande partie du zinc qu'il contient, est traité en vue de l'extraction du plomb argentifère, et le chlorure de plomb qui prend naissance, en même temps que le chlorure de zinc au cours de la précédente réaction, est transformé en sulfate de plomb par les sulfates qui se trouvent dans la solution.

Pour la précipitation électrolytique du zinc, on se sert comme cathodes de lames de zinc et, comme anodes, d'abord de plaques de fonte, et ensuite de plaques de charbon. Le chlore qui prend naissance pendant l'électrolyse se combine avec le fer des anodes en fonte, en donnant naissance à du protochlorure de fer, suivant l'équation :

$$ZnCl^2 + Fe = FeCl^2 + Zn.$$

Mais le chlorure de fer ainsi formé ne tarde pas à se convertir en perchlorure en présence du chlorure de zinc et des anodes en charbon, en permettant au zinc de se précipiter :

$$ZnCl^2 + FeCl^2 = Fe^2Cl^6 + Zn.$$

Afin d'éviter la précipitation du fer aux cathodes, les solutions de protochlorure ou de perchlorure de fer sont séparées de la solution de chlorure de zinc à l'aide d'épais diaphragmes en toile et cette solution est à un niveau supérieur à celui de la solution des sels de fer.

La solution de chlorure de zinc à électrolyser, une fois débarrassée du fer et des autres métaux plus électro-négatifs que le zinc, arrive d'abord dans les compartiments des cathodes des bains et ensuite dans ceux des anodes en fer, d'où elle passe dans les compartiments des anodes en charbon.

Le liquide qui sort du dernier bain avec anodes en charbon, lequel contient encore une certaine quantité de zinc, est utilisé pour dissoudre de nouvelles quantités d'oxyde de zinc; les bains sont disposés les uns derrière les autres, associés en tension, tandis que les électrodes de chaque bain sont disposées en quantité.

L'appareil à lixiviation se compose (*fig.* 2) de

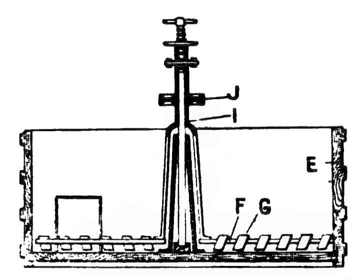


Fig. 2.

cuves rondes E munies d'agitateurs F; ces derniers sont constitués par un certain nombre de palettes G fixées sur un support I à l'aide duquel elles peuvent être mises en rotation par l'intermédiaire de la poulie J.

L'appareil d'électrolyse proprement dit (*fig.* 3) se compose d'un certain nombre de vases A disposés de telle façon que trois courants de liquide séparés traversent le système; ils communiquent avec les bassins B, et, à l'aide de diaphragmes en toile, chaque vase est divisé en un certain nombre

de compartiments dont chacun possède un tube à entonnoir D amenant le liquide. Ce tube débouche naturellement au fond de la cuve, tandis qu'un autre tube d'écoulement E est fixé au bord supérieur. Les

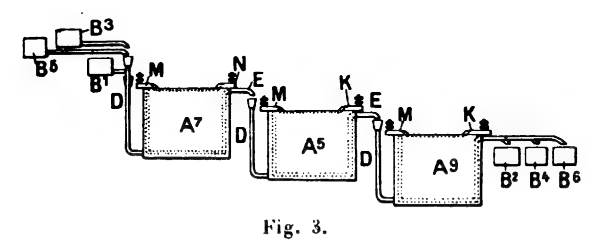


Fig. 3.

vases A^1, A^2, A^4, A^5, A^7 et A^8 contiennent chacun trois anodes en fonte M et deux cathodes en zinc K, tandis que les vases A^3, A^6 et A^9 renferment chacun trois anodes en charbon et deux cathodes en zinc.

La première portion de liquide qui arrive dans les cellules des anodes de tous les vases est une solution riche en zinc, fraîchement préparée et purifiée. Une fois qu'elle s'est rassemblée en B^2 et qu'elle a été remontée partiellement ou entièrement en B^3, elle s'écoule dans les compartiments avec anodes en fer des deux premières séries de vases. C'est là qu'elle absorbe le fer qui se dissout presque entièrement sous forme de sels ferreux. En traversant les compartiments munis d'anodes insolubles de la dernière série, ce sel ferreux se transforme en sel ferrique, lequel est employé, ainsi que nous l'avons dit, à lessiver de nouvelles quantités de minerai grillé.

La quantité de zinc précipitée par ampère-heure est de 1g,21 environ; l'énergie nécessaire à la préparation de 1kg de zinc s'élève, comme dépense de combustible, à 3kg de charbon. Quant au zinc obtenu, il se présente sous forme compacte et il se laisse facilement détacher des cathodes; sa teneur en fer étant de plus extrêmement faible, on n'a besoin simplement pour le livrer au commerce que de le refondre dans des lingotières.

Les avantages de ce procédé sont donc les suivants : 1° le minerai grillé est pour ainsi dire presque entièrement dépouillé de la plus grande partie de son zinc; 2° l'hydrate de peroxyde de fer qui provient du traitement du minerai grillé par la lessive de perchlorure de fer constitue un fondant convenable lors de la fonte des minerais; 3° la substance dissolvante du zinc est régénérée par l'opération électrolytique elle-même.

La densité du courant est, en moyenne, de 50 ampères par mètre carré; la tension est de 1,1 volt environ dans les bains renfermant des anodes en fer et de 2,7 volts dans ceux qui renferment des anodes en charbon. Le rendement en zinc du minerai, à la fin de l'opération électrolytique, est de 66 pour 100.

IV. — TRAITEMENT ÉLECTROCHIMIQUE DES ALLIAGES DE ZINC.

Il est un cas spécial où le raffinage du zinc par électrolyse peut devenir intéressant : c'est celui qui concerne la récupération du zinc des écumes argentifères. L'écume de zinc est un alliage de plomb, d'argent et de zinc obtenu lors de la désargentation du plomb et qui permet d'arriver à une production de zinc très pur, lorsque l'opération électrolytique est convenablement menée.

On sait que la désargentation du plomb d'œuvre s'effectue presque uniquement aujourd'hui par le procédé Parker, dont le principe est l'affinité plus grande de l'argent pour le zinc que pour le plomb [1]. Si donc dans un bain de plomb argentifère on ajoute une quantité suffisante de zinc, il se formera un alliage de plomb-argent-zinc qui, remontant à la surface du liquide, pourra être écumé.

Si l'on désire ensuite extraire l'argent de cet alliage, il est nécessaire d'en chasser le zinc pour soumettre le résidu à la coupellation. Le moyen électrolytique d'arriver à ce résultat est le plus économique de tous : il est du reste appliqué à l'usine de Friedrichs-Hütte, en Allemagne. La composition de l'écume est la suivante :

Zinc	81,00	pour 100
Cuivre	8,58	»
Argent	6,30	»
Plomb	1,96	»
Cadmium	0,10	»
Nickel et cobalt	0,98	»
Fer	0,24	»

Cette écume renferme en outre des traces de bismuth, d'arsenic et d'antimoine. Une fois obtenu, cet alliage est coulé en plaques dans des moules et ce sont ces plaques qui constitueront les anodes du couple électrolytique; l'électrolyte est du sulfate de zinc et les cathodes sont formées par des lames de zinc pur. La densité du courant est de 0,8 à 0,9 ampère par décimètre carré et la tension de 1,25 à 1,45 volt.

Comme le zinc est l'un des plus électro-négatifs parmi les métaux, il se déposera le premier, les autres entrant en solution ou se précipitant en masse.

Pour séparer l'argent et le plomb ainsi isolés du zinc, la teneur en argent pouvant être de 30 à 60 pour 100, on soumet ces deux métaux à une fusion puis à la coupellation, et de cette façon on obtient de l'argent de très belle qualité. Quant au zinc qui s'est déposé sur la cathode, il est dense et compact

(1) *L'Industrie électrique*, 25 juillet 1904, p. 333 et 10 octobre 1904, p. 476.

et l'on peut l'utiliser directement pour une nouvelle désargentation.

Dans ce cas, le raffinage électrolytique du zinc se montre nettement supérieur au procédé actuel de distillation qui entraîne toujours de grandes pertes de zinc par suite de l'oxydation du métal pendant l'opération.

Dans l'appareil de Bridgemann (*fig.* 4), le mouvement du liquide est produit au moyen de cathodes rotatives. Dans un bassin A tourne l'arbre B muni d'un isolateur *r* et sur lequel les cathodes E sont fixées au moyen de coins et de vis, ces dernières ayant pour but d'obtenir en même temps la communication entre les cathodes et le conducteur. Dans les anodes D on a pratiqué des entailles afin de permettre à l'arbre de se mettre facilement en mouvement. Les lames qui forment les cathodes sont recouvertes de graphite et tendues dans des cadres en substance isolante. Elles peuvent être retirées de ces cadres dès que le précipité a atteint l'épaisseur désirée.

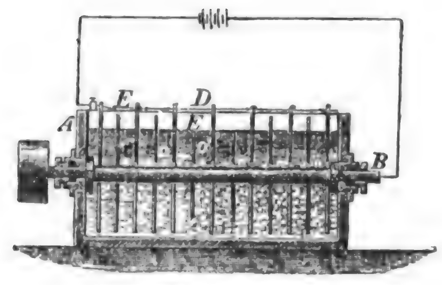


Fig. 4.

V. — Électrolyse du chlorure de zinc fondu.

1° **Procédé Borchers.** — La préparation électrolytique du zinc en opérant sur le chlorure de zinc fondu [1] présente un grand intérêt et, bien que les essais tentés dans cette voie n'aient pas encore abouti au plein succès, on peut espérer que prochainement les expériences effectuées dans ce but pourront s'étendre à l'industrie.

Borchers a proposé l'électrolyse du chlorure de zinc fondu entre des anodes en charbon et des cathodes en zinc laminé, et il s'est servi pour cela de l'appareil représenté par la figure 5. Cet appareil se compose d'un bassin en plomb à section circulaire A; une rigole G, faisant le tour de tout l'appareil, est destinée à recevoir de l'eau de réfrigération, tandis qu'une rainure U, disposée sur le bord du vase à électrolyse, est destinée à recevoir et à fixer le couvercle D pendant l'opération. Les anodes A, constituées par des baguettes de charbon, sont maintenues dans une position fixe, pendant l'électrolyse, au moyen des pinces isolées V et mises en même temps en communication avec le conducteur du courant P. Le bassin en plomb est placé dans un vase en fer rempli de sable, ce dernier ayant pour objet de modérer et de distribuer uniformément la chaleur du foyer, au moment de la mise en marche, tandis que plus tard il sert comme masse protectrice contre la chaleur qui se dégage pendant l'électrolyse.

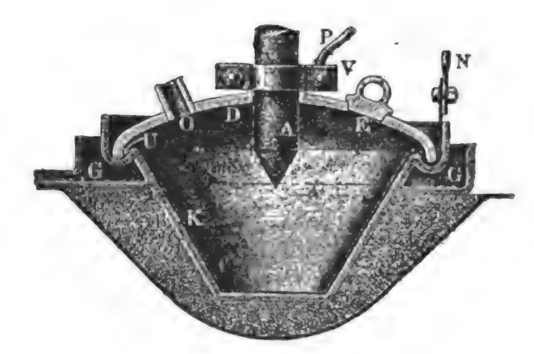


Fig. 5.

Pour mettre l'appareil en marche, on commence par y fondre une quantité de chlorure de zinc suffisante pour remplir le bassin B, jusqu'au-dessous de la rainure U. On met alors en place la cathode K et ensuite le couvercle D et l'on s'arrange de telle façon que ce dernier ne soit pas en contact direct avec K, mais qu'il en soit séparé par une croûte de sel solidifié, répandue dans la rainure. En employant un courant de 1000 ampères par mètre carré de surface de cathode, la quantité de chaleur produite est suffisante pour qu'on puisse supprimer le foyer situé au-dessous de l'appareil.

Pendant l'électrolyse le zinc se dépose sur la partie de la cathode K non recouverte de scorie solidifiée, tandis que le chlore se dégage de l'appareil par l'ouverture O. Par une autre ouverture E, située à la partie supérieure de l'appareil, on ajoute du chlorure de zinc au fur et à mesure que le niveau baisse dans le récipient, de manière à maintenir le liquide toujours à la même hauteur comme au début de l'opération.

Lorsqu'on juge le dépôt de zinc suffisant d'épaisseur, on cesse de refroidir le bord du vase et l'on enlève le couvercle dès qu'il n'est plus adhérent; pour continuer le travail, il suffit de mettre une nouvelle cathode; l'électrolyse peut alors être reprise comme précédemment.

2° **Procédé Swinburne et Ashcroft.** — Le procédé Swinburne et Ashcroft est caractérisé par l'emploi du chlorure de soufre Cl^2S^2 liquide ou gazeux pour

[1] Bainville, *L'Électricien*, 19 nov. 1904, p. 329.

réagir sur le minerai; de plus, les opérations sont méthodiquement effectuées de manière que le chlorure de soufre servant d'agent réducteur se trouve constamment régénéré. Les minerais sulfurés contenant du zinc, du plomb ou de l'argent, comme les minerais de Broken-Hill, sont jetés dans un bain de chlorure de zinc fondu où l'on fait arriver un courant de vapeurs de chlorure de soufre. La réaction s'opère, paraît-il, très vivement et il y a production de vapeurs de soufre que l'on condense dans un récipient spécial, tandis qu'il reste dans le bain un mélange de chlorures fondus des métaux contenus dans le minerai.

Après élimination du fer et du manganèse, ce mélange est amené dans un récipient où il est traité par du plomb qui déplace l'argent et donne du plomb argentifère que l'on traite par les procédés habituels. Il est ensuite traité, dans un autre récipient, par du zinc qui déplace le plomb que l'on recueille.

Le bain fondu est alors presque entièrement formé de chlorure de zinc; on le soumet à l'électrolyse, ce qui donne du zinc, dont une partie sert au déplacement du plomb dans la précédente opération, et du chlore que l'on fait agir sur le soufre pour reproduire le chlorure de zinc.

On a ainsi accompli un cercle fermé, mais une partie du minerai n'a pas été dissoute dans le chlorure de zinc sous l'action du chlorure de soufre dans la première opération du procédé : il reste une partie insoluble formée principalement de la gangue du minerai et qui retient une assez forte proportion de chlorures fondus.

Cette portion est traitée à part; on la soumet d'abord à l'action du plomb pour enlever l'argent, puis on la traite par le zinc pour éliminer le plomb et on lave le résidu.

On est alors en présence d'une solution de chlorure de zinc que l'on évapore à sec avec addition d'un chlorure alcalin et le chlorure double obtenu est soumis à l'électrolyse en même temps que le chlorure de zinc fondu provenant du traitement de la partie fluide de la première opération effectuée sur le minerai.

3° Procédé Steinhart et Vogel. — On part de l'oxyde de zinc, substance difficilement fusible, que l'on amène dans un état convenable pour l'électrolyse en le dissolvant dans du chlorure de zinc en fusion [1]. Au moyen d'un courant de bas voltage traversant ce bain, on décompose l'oxyde qui a peut-être formé un chlorure basique ou un oxychlorure, et du zinc se rend à la cathode tandis que l'oxygène restant se porte vers l'anode.

L'appareil d'électrolyse se compose d'un vase cylindrique garni intérieurement de substance réfractaire et fermé par un couvercle auquel sont fixées les anodes en charbon.

Au fond on a disposé une couche de zinc fondu de 2^{cm} à 3^{cm} d'épaisseur qui sert de cathode; un foyer extérieur maintient la température un peu au-dessus de celle de la fusion du zinc (430°).

Lorsqu'on désire faire fonctionner l'électrolyseur, on recouvre le fond de zinc en grenaille et, lorsque celui-ci est fondu, on dépose par-dessus une couche épaisse de chlorure de zinc que l'on déshydrate au moment même de l'opération, par le passage du courant, de manière à obtenir une épaisseur de chlorure ayant 5^{cm} à 6^{cm}, superposée à la couche de zinc fondu dans laquelle plongent les anodes en charbon jusqu'à 2^{cm} ou 3^{cm} de leur point de contact avec le métal. Peu à peu on ajoute au bain de l'oxyde de zinc en même temps qu'on fait traverser l'appareil par un courant électrique dont la tension est voisine de 3 volts.

Les différentes réactions qui se passent alors sont les suivantes : le zinc provenant de l'électrolyse se rassemble au fond du récipient et il est facile de le recueillir au moyen d'un trop-plein dont l'ouverture est à 2^{cm} ou 3^{cm} du fond. L'oxygène se rend sur les anodes et, si l'on prend soin de chauffer le récipient par sa partie inférieure à une température juste suffisante pour maintenir le bain en fusion, cet oxygène se dégage sans se combiner aux charbons des anodes qui restent à une température relativement basse.

D'après les inventeurs, l'avantage d'employer une source de chaleur extérieure pour chauffer le bain consiste précisément à empêcher cette combinaison de l'oxygène avec le charbon des anodes. En effet, si l'on substituait au foyer extérieur l'action calorifique du courant lui-même, la température serait beaucoup plus élevée dans le bain que cela est nécessaire, les deux éléments pourraient alors se combiner facilement et par suite les anodes seraient rapidement détruites et mises hors d'usage.

Il faudrait de plus élever la tension, et le chlorure de zinc se trouverait électrolysé avec dégagement de chlore sur les anodes. Au contraire, avec le procédé indiqué, ce dégagement ne se produit nullement tant que le bain renferme une quantité d'oxyde de zinc suffisante et que l'opération est sagement conduite.

Jean Escard.

[1] *L'Éclairage électrique*, 24 février 1900, p. 311.

MESURES ET ESSAIS.

DIVERS.

Dispositif pour la mesure du glissement des moteurs asynchrones, par H. SCHULZE (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 30 mai 1907, p. 557 à 559). — L'auteur décrit une méthode de mesure du glissement des moteurs asynchrones utilisant les ondes capillaires créées à la surface de l'eau ou de l'essence de térébenthine par un courant électrique. La méthode permet la mesure de glissement jusqu'à 8 pour 100 à la fréquence 50 et pour une tension quelconque avec une consommation insignifiante.

Les ondes capillaires sont également utilisables pour la mesure de la fréquence d'un courant alternatif si la génératrice n'est pas accessible.

L'auteur décrit la méthode comme suit : Deux électrodes sont immergées dans un vase de verre (*fig.* 1)

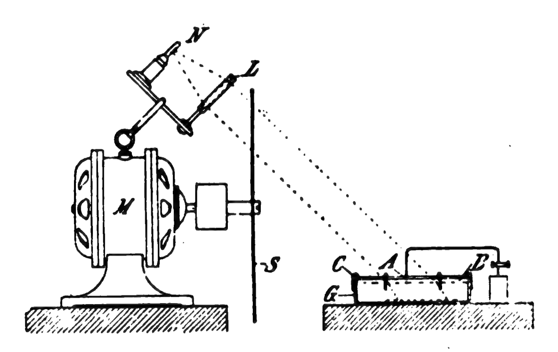


Fig. 1.

de 20^{cm} de diamètre et de 10^{cm} de profondeur environ : l'une B en forme de cercle est fixée aux parois du vase au moyen des presses C, l'autre A est un fil de platine vertical touchant la surface de l'eau au centre du vase.

Si ces deux électrodes sont mises aux bornes d'une source à courant alternatif, il se forme autour du fil central une série d'ondes circulaires à la surface de l'eau, qui s'éloignent vers l'extérieur en nombre égal ou double de la fréquence du courant alternatif.

Ces ondes paraissent immobiles si l'on éclaire la surface avec une source alimentée par le même courant, il est donc facile de les employer à mesurer le glissement.

Sur l'arbre d'un moteur asynchrone, on place un disque muni de fentes en nombre égal à celui des pôles du moteur; on fait passer à travers ces fentes les rayons lumineux émanant d'une lampe à incandescence alimentée à courant continu N et dirigés par la lentille L sur la surface du liquide dans le vase G; les ondes se trouvent projetées sur une plaque de porcelaine blanche placée au fond du vase.

Si le moteur est au synchronisme et que les électrodes AB soient mises aux bornes du moteur, le système d'anneaux formés par les ondes capillaires semble immobile. La figure 2 donne une photographie de la projection réduite aux $\frac{1}{7}$ environ.

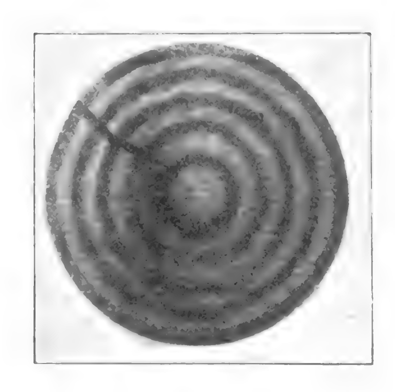


Fig. 2.

Mais, comme en fait, le rotor tourne un peu moins vite que le champ, le système d'ondes paraît s'éloigner de l'électrode centrale A. Si un trait est tracé sur la surface de la plaque de porcelaine, il sera possible de compter le nombre d'anneaux sombres qui passerait en ce point par seconde. Soient a ce nombre et n la fréquence du courant d'alimentation, le glissement sera en pour 100

$$s = \frac{a\,100}{2n},$$

pour une fréquence usuelle de 50 périodes par seconde. On pourra mesurer commodément des glissements jusqu'à 4 pour 100, car dans ce cas le nombre d'anneaux sombres passant à la marque est de 4 par seconde.

Il est possible de modifier la méthode pour permettre de mesurer de glissement jusqu'à 8 pour 100 environ. Pour arriver à ce résultat il suffit d'employer un liquide convenable, on a remarqué en effet que l'eau donnait des ondes négatives plus élevées que les ondes positives; le contraire a lieu pour l'essence de térébenthine. Il en résulte que deux ondes capillaires successives sont d'amplitudes différentes.

Si l'on éclaire la surface du liquide de façon intermittente chaque $\frac{1}{n}$ seconde, si la fréquence du courant alternatif est égale à n, ces différences d'amplitude sont nettement visibles. Si l'on éclaire la surface un peu plus longtemps à chaque période, soit à chaque $\frac{1}{n}$ seconde un temps $\frac{1}{2n}$ seconde (soit la moitié du temps), les

ondes de plus grande amplitude deviennent seules visibles, et par suite le système d'ondes visible a même fréquence que le courant alternatif qui le produit comme le montre la figure 3.

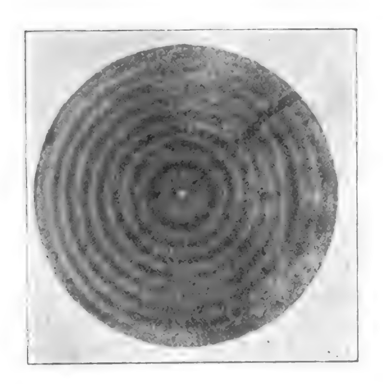


Fig. 3.

Pour utiliser ce système d'ondes à la mesure du glissement d'un moteur asynchrone, il suffit de placer sur l'arbre de ce moteur un disque stroboscopique muni de fentes en nombre égal à la moitié du nombre de pôles, et dont la largeur soit telle que la durée d'éclairage déterminée ci-dessus soit remplie.

Si maintenant a anneaux sombres passent à la marque et que la fréquence du courant soit n, le glissement est alors en pour 100

$$s = \frac{a}{n} 100.$$

Si, par exemple, on compte 4 passages par seconde et que la fréquence de courant soit égale à 50, le glissement est de 8 pour 100. Les ondes sont très nettement visibles il est donc recommandé de se servir de cette méthode pour mesurer des glissements faibles.

Il faut remarquer que, pour produire des ondes d'amplitude convenable à la surface de liquide, la tension à employer doit être assez élevée et variable avec ce liquide; pour l'eau distillée les résultats sont satisfaisants pour des tensions variant entre 200 et 4000 volts ; cependant vers 200 volts les ondes sont un peu faibles et, pour 4000 volts et près du fil central, elles ne sont plus très régulières; la tension la plus favorable pour ce liquide paraît être de 500 volts.

Pour faire l'essai avec des tensions plus élevées, il suffit de placer, devant le système producteur d'ondes, une résistance convenable telle qu'un tube de verre courbé en U et rempli d'eau distillée, dans laquelle sont enfoncés plus ou moins des fils métalliques; il est donc possible de se servir de ce dispositif pour la mesure de glissements jusqu'aux plus hautes tensions.

Si l'on emploie l'essence de térébenthine la tension d'essai la plus favorable paraît être comprise entre 5000 et 8000 volts; il est naturellement possible d'employer des résistances analogues à celle décrite ci-dessus pour augmenter le domaine d'emploi de la méthode.

Les ondes à la surface de l'essence de térébenthine sont quelque peu plus courtes que celles à la surface de l'eau, à cause de la faible tension superficielle de l'essence de térébenthine.

Pour des tensions plus faibles que 500 volts il est avantageux de se servir d'un transformateur (petit transformateur de mesures) pour obtenir la tension convenable de 500 volts, ce qui est sans inconvénient pour cet appareil, car la production d'ondes à la surface du liquide exige une quantité très faible d'énergie; la résistance du vase muni de ces électrodes et rempli d'eau distillée est égale à 1 500 000 ohms environ, même après plusieurs jours d'exposition à l'air; le courant sous 500 volts est aussi égal à 0,0003 ampère, soit une dépense de 0,15 watt ou sous 5000 volts avec une résistance correspondant à une dépense égale à 1.5 watt.

Si l'on utilise l'essence de térébenthine, la dépense est presque nulle.

L'auteur fait encore remarquer qu'il est possible d'employer l'appareil pour déterminer la fréquence d'un courant alternatif quand la machine génératrice n'est pas accessible; pour cela il faut déterminer la fréquence des ondes capillaires à l'aide d'un moteur compteur muni d'un disque stroboscopique. E. B.

Détermination des pertes dans le fer par la méthode des trois voltmètres, par H. ZIPP (*Electrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 30 juin 1907, p. 493-494). — On sait que la méthode des trois voltmètres permet d'obtenir directement la valeur du courant, du décalage et de la puissance dans un circuit inductif sous la seule condition que la valeur de la résistance ohmique mise en série avec le circuit inductif soit connue.

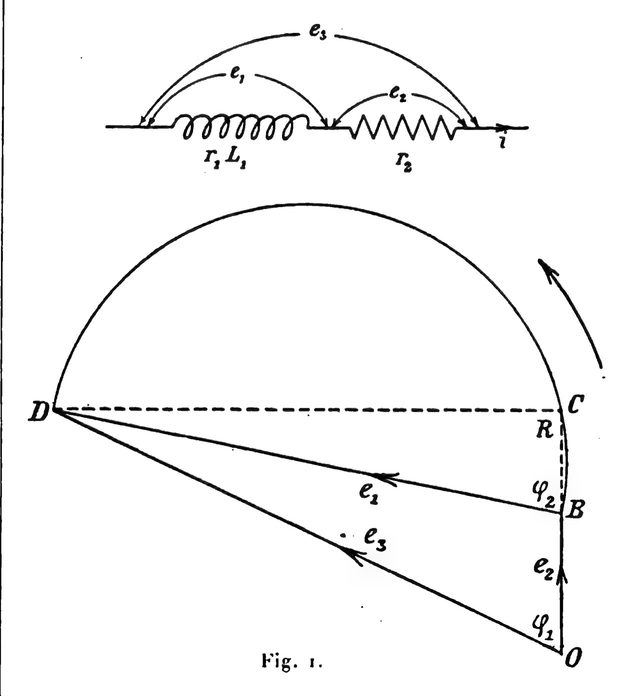


Fig. 1.

On sait également que la tension totale e_3 (*fig.* 1) est égale à la somme géométrique des deux tensions

composantes e_1 et e_2. Le courant i est égal au rapport $i = \frac{e_2}{r_2}$, et le décalage de phase entre i et la tension totale e_3 est représenté par l'angle φ_1. La tension e_1 aux bornes du circuit inductif se partage en deux composantes à 90° :

$$E_w = ir_1 \qquad \text{et} \qquad E_s = i\omega L_1.$$

Si sur e_1 comme diamètre on décrit un cercle et qu'on prolonge e_2 jusqu'à la rencontre avec le cercle, le point C sera l'extrémité de $E_w = ir_1$, l'angle φ_2 est le décalage de phase entre e_1 et i et si l'on divise BC par i on obtient la valeur de r_1 ; de même si l'on divise CD par $i\omega$ on obtient la valeur de L_1, coefficient de self-induction cherché. La puissance absorbée dans la bobine de self-induction est égale à

$$A_1 = e_1 i \cos\varphi_2 ;$$

comme maintenant $e_1 \cos\varphi_1 = \overline{BC}$ et $\overline{BC} = ir_1$, on obtient l'égalité

$$A = i i r_1 = r_1 i^2,$$

c'est-à-dire que toute la puissance est transformée en chaleur dans l'enroulement.

Il était intéressant de rechercher ce qui se passerait si la bobine de self-induction contenait un noyau de fer, dans lequel existent des pertes par hystérésis et courants de Foucault.

Si l'on observe le diagramme d'une bobine de self-induction sans fer, on remarque que $e \cos\varphi$ est égal à ri, le triangle des tensions est toujours rectangle. Si au contraire il existe, en dehors des pertes dans le cuivre, d'autres pertes dans un noyau de fer, la composante $e \cos\varphi$ doit être plus grande que la composante correspondant à i^2, de sorte qu'on peut énoncer ce résultat comme suit :

Dans le cas de bobine sans fer, la composante wattée $e \cos\varphi$ est toujours égale à ir ; au contraire, dans le cas où il existe un noyau de fer, la composante wattée $e \cos\varphi$ est toujours plus grande que ir.

Il s'ensuit que, dans ce dernier cas, le triangle des tensions possède un angle obtus. On sait que les courants de Foucault ainsi que l'hystérésis causent un retard du champ sur le courant magnétisant et en même temps le champ est affaibli par les courants de Foucault. On ne peut plus, dans ce cas, écrire

$$E_s = i\omega L \text{ volts},$$

il faut écrire

$$E_{s\,\text{effic}} = \frac{\overline{N}}{\sqrt{2}} \omega Z . 10^{-8} \text{ volts},$$

où Z est le nombre de spires de la bobine. La tension induite E_s n'est plus perpendiculaire au courant i, mais bien, d'après

$$E_s = -\frac{dN}{dt},$$

perpendiculaire à la direction du champ N.

La figure 2 montre clairement la modification du diagramme, le champ N est en arrière du courant i d'un angle χ ; E_s est perpendiculaire sur N et fait avec ir un angle obtus α et donne la tension aux bornes e.

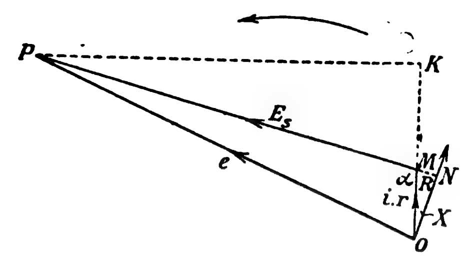


Fig. 2.

La puissance consommée par la bobine est

$$A = ei \cos\varphi = \overline{OK} i,$$

mais

$$\overline{OK} = \overline{OM} + \overline{MK},$$

donc

$$A = \overline{OM} i + \overline{MK} i.$$

Comme $OM = ir$ on a $OMi = ri^2$ et représente la partie A_1 de la puissance totale consommée dans le cuivre de la bobine pendant que le reste

$$A_2 = \overline{MK} i$$

représente la perte par hystérésis et courants de Foucault dans le noyau de fer. On peut donc admettre comme loi générale que, dans tout circuit inductif contenant du fer, l'angle α du triangle des tensions est un angle obtus. La composante BC dans la figure 1 ne doit plus être égale à ir_1 mais lui être supérieure.

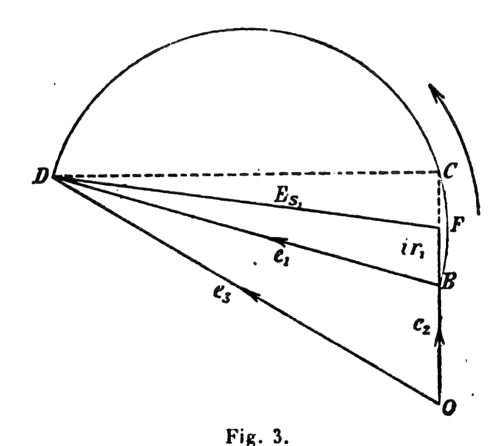


Fig. 3.

Pour obtenir la véritable valeur de ir_1, il est maintenant nécessaire de connaître la valeur de r_1 alors que dans le cas de la figure 1, il suffisait de connaître la valeur de r_2. On obtiendra alors le diagramme de la figure 3 dans laquelle la tension E_{s1} ferme le triangle dont les autres côtés sont ir_1 et e_1, l'angle obtus α étant formé par E_{s1} et ir_1. Si l'on prolonge ir_1 jusqu'à sa

rencontre en C avec le cercle tracé sur e_1 comme diamètre, la puissance totale consommée par la bobine de self-induction $\overline{BC}i$ se partage en deux parties,

$$A_1 = \overline{BF}i = i^2 r \qquad \text{et} \qquad A_2 = \overline{CF}i;$$

A_2 représente la perte cherchée.

La méthode des trois voltmètres est donc propre à la mesure des pertes dans le fer en y ajoutant une simple mesure de résistance; elle a sur la mesure au wattmètre l'avantage de ne pas nécessiter de correction, indispensable dans l'essai au wattmètre à cause de la consommation propre du wattmètre, sur de très faibles valeurs des pertes dans le fer. Elle est suffisamment exacte si les mesures de tensions sont faites à l'aide d'un voltmètre statique et si la résistance r_2 est choisie de telle façon que les tensions e_1, e_2 et e_3 soient suffisamment voisines pour que les défauts de proportionnalité de l'échelle soient négligeables. E. B.

Rhéographe à induction Abraham-Carpentier pour projections, par Henri ABRAHAM (Communication faite à la séance de la Société française de Physique du 5 juillet 1907). — Cet appareil a pour objet de montrer à un auditoire, en projections sur un écran, les courbes de variation des phénomènes électriques à variations rapides, telles que des courbes de forces électromotrices, d'intensité de courant ou de flux d'induction.

Le problème est en quelque sorte dix fois plus difficile que celui du tracé photographique de ces courbes, parce que d'une part, quand on examine une photographie, on la regarde de près, ce qui la fait voir sous un angle quatre ou cinq fois plus grand que l'angle dont tournait le rayon lumineux pendant le tracé, et que d'autre part, lors des projections, l'observateur est généralement plus loin de l'écran que l'appareil qui trace la courbe. Au total, il y a réduction au lieu de grossissement et l'on est obligé de décupler à peu près les déviations des appareils.

Et ce n'est pas la seule difficulté. Il faut encore avoir beaucoup de lumière; il faut que le miroir mobile ait une surface de l'ordre du centimètre carré. Son inertie est alors considérable. Si donc ce miroir était porté par un simple galvanomètre, comme dans les oscillographes de M. Blondel, on pourrait être conduit à employer des courants d'intensité très grande et peut-être excessive pour obtenir les grandes déviations dont on a besoin.

L'auteur montre que l'appareil dont il a donné autrefois le principe [1], le *rhéographe à induction*, permet de s'affranchir de ces difficultés. Le nouveau modèle, présenté à la Société, d'une construction très simple, ne nécessite plus aucun réglage [2].

L'organe mobile est un petit anneau d'aluminium suspendu par un fil sans torsion dans le champ d'un aimant permanent. Cet anneau forme le circuit secondaire d'un très petit transformateur à circuit magnétique ouvert et il oscille sous l'influence des courants induits. Les dimensions sont assez faibles pour que la self-induction du cadre soit négligeable; le courant induit est donc proportionnel à la dérivée du courant inducteur. Ce courant lui-même est obtenu comme dérivée du phénomène étudié, soit en se servant d'un petit transformateur auxiliaire dans le cas de l'étude d'un flux ou d'un courant, soit par la mise en circuit d'un condensateur, quand il s'agit d'une force électromotrice.

Le courant dans le cadre mobile est donc la dérivée seconde du phénomène étudié, x. Comme il n'y a ni couple directeur ni amortissement sensibles, l'équation du mouvement est de la forme

$$A\frac{d^2\theta}{dt^2} = B\frac{d^2 x}{dt^2},$$

et l'élongation θ est, à chaque instant, proportionnelle à la quantité x.

Voici les résultats obtenus comme sensibilité :

Soit à projeter, sur un écran à 3^m, avec des harmoniques correctes, des courbes ayant une amplitude de près de 1^m.

Pour un tracé de courbe de volts à 42 périodes, l'appareil absorbe une puissance de $\frac{2}{100}$ ou $\frac{3}{100}$ de watt.

La puissance dissipée est du même ordre pour le tracé des courbes de flux.

Elle est plus grande pour les courbes d'intensité. Pour un courant de 10 ampères, par exemple, la dépense est de 1 ou 2 watts, mais la self-induction de dépasse pas $\frac{3}{10000}$ de henry.

L'auteur donne encore quelques indications sur le *synchronoscope*, employé pour produire sur l'écran les déplacements proportionnels au temps. Un moteur synchrone, réduit à une simple roue dentée (à 72 dents) qui tourne entre pointes devant un électro-aimant, entraîne un prisme équilatéral dont les trois faces servent successivement de miroir tournant. Quatre miroirs fixes renvoient tour à tour les courbes à la même place sur l'écran; on obtient donc 12 apparitions par tour du prisme, et l'on arrive ainsi à la persistance des impressions.

Diverses expériences ont été réalisées en séance au moyen d'un appareil double permettant la projection de deux courbes simultanées : courbe de la tension du courant d'éclairage (110 volts, 42 périodes); courant dans un rhéostat; influence d'une self-induction; courant d'un arc; courant dans une soupape électrolytique; étude de l'aimantation du fer; courants continus interrompus; décharges oscillantes; analyse d'une courbe de courant par des phénomènes de résonance.

[1] *Comptes rendus*, t. CXXIV, 1897, p. 758.

[2] Un modèle encore plus simple, destiné aux tracés photographiques, est en construction. Dans ce nouvel appareil, la source de lumière a pu être réduite à une lampe à incandescence, au lieu des lampes à arc que l'on avait dû employer jusqu'ici.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Les moteurs à gaz. Étude des projets, construction et conduite des moteurs à explosion, par Herm. HÆDER, ingénieur civil, traduit de l'allemand par M. Varinois, ingénieur des Arts et Manufactures. Un volume format 23cm × 16cm (T. I), 208 pages, 726 fig., 75 tableaux et nombreux exemples numériques. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins. Prix, broché : 12fr,50.

La traduction de l'Ouvrage de Hæder sur les moteurs à gaz, dont M. Varinois vient de publier la première Partie, s'adresse au monde industriel nombreux, appelé à acheter, à conduire ou à construire des moteurs à gaz.

A l'acheteur, il indiquera les économies que pourra présenter l'emploi du gaz, comparé à celui de la vapeur, et le type qui conviendra le mieux pour son industrie. Le mécanicien appelé à conduire un moteur y trouvera les indications détaillées sur le fonctionnement de tous les organes, sur les défauts qui peuvent se présenter et sur la façon d'y remédier pour assurer un bon service. Enfin surtout, l'ingénieur appelé à faire des projets de moteurs y trouvera un ensemble de méthodes, de calculs, de formules, de Tableaux et d'exemples numériques, qui lui permettront d'établir complètement le type le plus avantageux devant répondre aux exigences de chacun des cas si particuliers que l'industrie peut présenter actuellement.

Chaque organe étant étudié successivement en détail et au moyen d'exemples et de dessins complets, la mise sur pied d'un projet se réduit à faire un calcul dont toutes les formules sont indiquées à l'avance et à copier un dessin pour chaque organe. On évitera ainsi les mécomptes et les tâtonnements nombreux auxquels on est toujours astreint dans l'établissement d'un nouveau type de machine.

C'est, en résumé, un Ouvrage essentiellement pratique, appelé à rendre de très grands services.

Vingt leçons pratiques sur les courants alternatifs, par E. NICOLAS, professeur à l'École nationale d'Armentières. Un volume format 26cm × 16cm, 210 p., 222 figures. Henry Paulin et Cie, libraires-éditeurs, rue Hautefeuille, 21, Paris. Prix, broché : 5fr.

Dans ces *Leçons*, l'auteur s'est mis à la portée des élèves des Écoles nationales professionnelles, des Écoles pratiques d'industrie, des Écoles normales, des Écoles primaires supérieures, des ouvriers électriciens qui n'ont pas les connaissances mathématiques suffisantes pour aborder du premier coup l'étude rationnelle des courants alternatifs. Ici, l'étude est conduite d'une façon pratique purement expérimentale.

Après quelques généralités sur les alternateurs, soit à pôles alternés, soit homopolaires, mono ou polyphasés, vient la mesure des constantes des courants alternatifs.

La mesure de la puissance par le wattmètre à lecture directe permet, connaissant l'intensité efficace, la différence de potentiel efficace, de mesurer le facteur de puissance d'une installation, notion très importante pour l'ouvrier électricien et l'abonné.

L'ouvrier acquiert par cette étude expérimentale une notion pratique de la self-induction. De nombreuses vues, des comparaisons avec l'hydraulique, des représentations graphiques ou géométriques, multipliées à dessein, rendent l'intuition plus nette et plus complète. Des problèmes types, ceux que l'on rencontre dans la pratique courante sont posés et quelques-uns résolus.

Les différentes sortes de moteurs à courant alternatif forment autant de leçons distinctes. Le principe de leur fonctionnement est à la portée du lecteur.

Commentaire de la loi sur les distributions d'énergie électrique, par Paul BOUGAULT, avocat à la Cour d'appel de Lyon. Seconde édition. Un volume format 24cm × 16cm, 157 pages. A. Gratier et J. Rey, éditeurs, à Grenoble. Prix, broché : 5fr; franco : 5fr,50.

La loi sur les distributions d'énergie électrique du 15 juin 1906 était attendue avec impatience, redoutée par les uns, espérée par les autres.

Sous le régime qu'elle consacre définitivement, la distribution par simple autorisation de voirie reste possible, mais la concession municipale de distribution d'énergie devient permise, et même peut être faite avec déclaration d'utilité publique. Des deux côtés, sauf en ce qui concerne la lumière, le monopole ne peut plus exister.

Le commentateur s'est proposé les buts suivants :

Étudier le régime *de la simple autorisation;* dire ce qu'il a été jusqu'à présent, ce qu'il continuera à être, avec les hypothèses de refus et de retrait, constater les innovations intéressantes en ce qui concerne *la redevance enfin tarifée;*

Définir *la concession nouvelle*, indiquer le pouvoir concédant, l'entrée en scène des syndicats de communes; détruire la légende que le simple concessionnaire pourra s'installer où il voudra, moyennant indemnité; préciser la limitation des exigences des communes à des prix de faveur pour abonnement; donner la législation de l'*Éclairage;*

Exposer les principes de la *déclaration d'utilité publique;* expliquer qu'elle ne comprendra pas l'usine de production, mais qu'elle permettra la distribution à des services autres que les services publics en vue desquels elle aura été demandée.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

EXPOSITION.

Exposition des applications de l'Électricité à l'agriculture et aux arts industriels (mai 1908). — Le succès remporté par le « Concours des petits moteurs électriques dans leurs applications à l'atelier familial et aux usages domestiques », Concours organisé par les soins de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon et qui a eu lieu au mois d'août 1906, a incité cette Société à préparer pour le printemps 1908 une nouvelle manifestation du même genre, mais comportant un programme beaucoup plus vaste. Au lieu de restreindre l'Exposition à quelques branches spéciales des applications de l'Électricité, la Société se propose cette fois de l'étendre à tout ce qui touche à l'agriculture, ainsi que les arts industriels. La classification ci-dessous expose, à titre indicatif et non limitatif, de quelle manière elle entend grouper ces intéressantes et très nombreuses applications.

CLASSE 1. — *Applications à l'agriculture.*

GROUPE 1. — *Matériel électrique de culture :* labourage et battage électriques. Applications diverses.

GROUPE 2. — *Matériel électrique de ferme :* hache-paille, presses à fourrage, coupe-racines, broyeurs, concasseurs à grains, vans, trieurs, barattes, écrémeuses, etc. Pasteurisation électrique des liquides alimentaires.

GROUPE 3. — *Pompes électriques* pour irrigations, élévations d'eau et épuisements. Pompes à vin, spiritueux, etc.

CLASSE 2. — *Applications à l'industrie textile.*

GROUPE 1. — *Préparation de la soie :* moulinage, dévidage, canetage, etc.

GROUPE 2. — *Tissage :* des soieries, tulles et mousselines, des velours et rubans.

GROUPE 3. — *Industries de la laine et du coton :* filature, tissage.

GROUPE 4. — *Teinture et impression, apprêt et gaufrage.*

GROUPE 5. — *Applications aux autres textiles :* chanvre, soie artificielle, ramie, etc.

CLASSE 3. — *Applications à la mécanique.*

GROUPE 1. — *Applications de l'électricité aux machines-outils :* machines-outils à travailler le bois et les métaux.

GROUPE 2. — *Appareils de levage et de manutention :* électro-aimants industriels, embrayages magnétiques, etc.

GROUPE 3. — *Matériel d'entrepreneurs, de mines et carrières :* pompes, grues de carrière; scies, broyeurs et concasseurs. Enrichissement magnétique des minerais. Perforatrices.

GROUPE 4. — *Traction électrique :* automobiles, camions, tramways, omnibus électriques sans rails; tracteurs pour l'industrie.

GROUPE 5. — *Industries diverses :* matériel électrique pour chapelleries, tanneries, teintureries. Essoreuses, ventilateurs, aspirateurs. Pétrins mécaniques. Matériel d'imprimerie.

GROUPE 6. — *Applications domestiques* à tous usages.

CLASSE 4. — *Eclairage électrique.*

GROUPE 1. — *Lampes à arc*, charbons et accessoires.

GROUPE 2. — *Lampes à incandescence.*

GROUPE 3. — *Lampes diverses.* Projecteurs électriques, etc.

GROUPE 4. — *Appareillage :* interrupteurs, commutateurs, coupe-circuits, etc.

GROUPE 5. — *Lustrerie.* Décorations; enseignes lumineuses.

CLASSE 5. — *Applications thermiques et chimiques.*

GROUPE 1. — *Chauffage domestique :* pour appartements, cuisines, toilettes et salles de bains. Blanchissage et repassage, etc.

GROUPE 2. — *Chauffage industriel :* étuves électriques, fers à souder, calandres; chauffage électrique des tramways et chemins de fer.

GROUPE 3. — *Petits fours électriques* d'atelier; soudure autogène des métaux.

GROUPE 4. — *Applications électrochimiques :* nickelage, cuivrage, argenture, dorure, sénilisation des bois, oxygène, hydrogène, blanchiment, tannage électrique, etc.

GROUPE 5. — *Machines frigorifiques électriques.*

CLASSE 6. — *Production, transformation et canalisation de l'électricité.*

GROUPE 1. — *Petits groupes électrogènes :* vapeur, gaz pauvre, pétrole; moteurs hydrauliques, à vent, etc. Piles électriques.

GROUPE 2. — *Transformateurs statiques et rotatifs :* convertisseurs, survolteurs, dévolteurs. Accumulateurs. Soupapes électriques et électrolytiques.

GROUPE 3. — *Tableaux de distribution :* appareillage, appareils de mesure, ampèremètres et voltmètres, wattmètres, compteurs.

GROUPE 4. — *Canalisations électriques :* lignes aériennes et souterraines; poteaux, isolateurs, interrupteurs haute et basse tension, parafoudres, déchargeurs, limiteurs, appareils de kiosques.

CLASSE 7. — *Applications diverses, téléphonie.*

GROUPE 1. — *Téléphonie :* transmetteurs, récepteurs, appels, sonneries.

GROUPE 2. — *Appareils divers :* Exploseurs de mine, magnétos, etc.

GROUPE 3. — *Signaux électriques :* pour l'industrie, les chemins de fer, etc.

GROUPE 4. — *Appareils médicaux :* rayons X, vibrateurs, cautères, appareils de dentiste, etc.

Adresser toutes les demandes de renseignements au siège de la Société, 30, quai Saint-Antoine, Lyon.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société régionale d'électricité (Réseau normand). — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 20 avril 1907, nous extrayons ce qui suit :



Le bilan que nous vous soumettons comporte peu de modifications sur le bilan précédent.

Les modifications les plus importantes consistent principalement dans le chiffre de nos immobilisations qui ont passé de 1 259 253fr,27 à 1 392 767fr,61.

Le compte de « Profits et Pertes » se résume ainsi :

Les recettes d'exploitation et diverses se sont élevées au total à		fr 245 595,52
Il y a lieu d'en déduire :		
Frais d'exploitation et frais généraux	fr 132 055,12	
Intérêts, agios, commissions	33 629,44	
Coupons d'obligations	18 000 »	
		183 684,56
Reste		61 910,96
Nous vous proposons de prélever, pour la Réserve générale d'amortissement, la somme de		42 500 »
Il restera donc un bénéfice net de		19 410,96
sur lequel nous avons à prélever la réserve légale de 5 pour 100		970,50
Reste disponible		18 440,46
Nous avons à ajouter à ce solde le report de l'année précédente		353,30
		18 793,76
Nous vous proposons de répartir un dividende égal à celui de l'exercice précédent, soit 5 pour 100, ce qui exige une somme de		17 500 »
		1 293,76
Nous vous proposons comme précédemment de mettre ce dividende en distribution, net d'impôt, la Société prenant à sa charge le règlement des impôts pour lesquels il y a lieu de compter une somme de		1 058,80
Il reste donc		234,96
à reporter à l'année prochaine.		

Compte de Profits et Pertes. — Exercice 1906.

Doit.

	fr
Frais d'exploitation et frais généraux	132 055,12
Intérêts, agios, commissions	33 629,44
Coupons d'obligations	18 000 »
Amortissements et applications proposés :	
Réserve générale d'amortissement	42 500 »
Réserve légale	970,50
Dividende (exercice 1906)	17 500 »
Impôts de finances	1 058,80
Report à l'exercice 1907	234,96
Total	245 948,82

Avoir.

Recettes d'exploitation et diverses	245 595,52
Solde reporté de 1905	353,30
	245 948,82

Bilan au 31 décembre 1906 après répartition.

Actif.

	fr	fr
§ 1. — Immobilisations :		
Terrain	117 218,21	
Immeuble et Station centrale, Canalisation et Matériel	1 129 297,35	
Outillage	11 918,56	
Mobilier	2 022,75	
Compteurs	132 310,74	
		1 392 767,61
§ 2. — Actif réalisable :		
a. A terme :		
Matériel en magasin	40 112,02	
Matériel en dépôt	8 034,62	
Effets à recevoir	699,78	
Cautionnements	5 020 »	
		53 866,42
b. Disponible :		
Caisses et banques	11 828,38	
Abonnés et débiteurs divers	43 509,10	
Impôts de finances	1 758,57	
		57 096,05
§ 3. — Comptes divers :		
Prime de remboursement sur obligations	16 982 »	
Contentieux	1 »	
Compte d'ordre	112,75	
		17 095,75
Total de l'actif		1 520 825,83

Passif.

§ 1. — Engagements sociaux :			
Actions		350 000 »	
Réserve légale		11 767,73	
Réserve pour amortissement		152 000 »	
			513 767,73
§ 2. — Engagements envers les tiers :			
a. A terme :	fr		
Obligations 5 %	118 500		
» 4 % 500 000 ; *A déduire :* Obligations non émises 222 000	278 000		
		396 500 »	
Créanciers divers		466 000 »	
			862 500 »
b. Exigibles :			
Coupons d'actions (anciens) / » d'obligations		25 535,49	
Obligations à rembourser		8 841,90	
Coupons d'action n° 8 (dividende 1906)		17 500 »	
Redevance Ville		12 628,50	
Créditeurs divers		61 881,38	
Compte d'ordre		112,75	
Règlement d'inventaire		17 823,12	
			144 323,14
§ 3. — Profits et Pertes :			
Solde à reporter			234,96
Total du passif			1 520 825,83

Tome VIII. **N° 87. — 15 août 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

PILES ET ACCUMULATEURS.

Générateur thermochimique d'électricité avec récupération totale ou partielle des éléments actifs avec fabrication d'acide sulfurique dans ce dernier cas. L.-P. BASSET (Brevet français 370170 du 2 octobre 1906). — Nous avons décrit (¹) précédemment le générateur au brome et à l'acide sulfureux de L.-P. Basset. Cet inventeur remplace ici le brome par une solution de vapeurs nitreuses dans l'acide sulfurique. Il se produit alors l'équation de décharge suivante :

$$SO^2 + AzO^2 + H^2O = SO^4H^2 + AzO$$

En même temps que l'on produit de l'acide sulfurique il se dégage de l'oxyde azotique. Celui-ci peut être retransformé en vapeurs nitreuses en absorbant l'oxygène de l'air. Ces vapeurs sont dissoutes à nouveau dans l'électrolyte, et ainsi de suite. Quant à l'acide sulfurique, il peut être également transformé en anhydride sulfureux en le chauffant avec du charbon ou du soufre. Mais on peut aussi le recueillir et établir ainsi une production d'acide sulfurique en utilisant l'anhydride sulfureux produit par le grillage des pyrites.

Pour réaliser ces réactions, on peut faire usage du même appareil que celui utilisé avec le générateur au brome.

Procédé pour accroître la durabilité des plaques des accumulateurs électriques et en particulier celle des plaques à masse active rapportée. J. DIAMANT (Brevet français 370318 du 9 octobre 1906). — L'inventeur constitue ses négatives à l'aide d'un certain nombre de plaques minces formant des tranches superposées. Lorsque la capacité tend à diminuer par suite de la contraction de la matière à la surface de la plaque qui travaille, on remplace la tranche superficielle par une tranche interne qui a conservé sa porosité. D'après J. Diamant, non seulement la plaque reprend ainsi sa capacité initiale, mais encore, à mesure que la nouvelle surface perd sa porosité, il se fait une régénération de la surface antérieurement devenue imperméable. Il en résulte que, lorsque se fait sentir à nouveau le besoin du remplacement de la surface de la plaque, celle antérieurement devenue imperméable peut à nouveau être placée vers l'extérieur.

Il y a avantage à faire l'échange des tranches de la plaque avant que la capacité ait baissé d'une façon notable.

(¹) *La Revue électrique*, t. VI, 30 juillet 1906, p. 42.

Perfectionnements apportés aux accumulateurs. E. SOKAL, S. BLOOMFIELD, S.-B. WOLF et C. WOLFF (Brevet français 371001 du 22 octobre 1906). — L'invention se rapporte à différents dispositifs permettant de maintenir constante la concentration de l'acide à l'intérieur des pores de la matière active pendant la décharge comme pendant la charge. On augmente de cette façon le coefficient d'utilisation de la matière active ainsi que le rendement. D'après les inventeurs, on augmente en outre la durée des négatives, celles-ci conservant plus longtemps leur capacité. Dans un des dispositifs mentionnés, les électrodes sont creuses. Le compartiment intérieur communique avec un réservoir situé à une certaine hauteur, de façon à produire une certaine pression. Le liquide ayant traversé la matière active est repris du bac de l'élément à l'aide d'une pompe et renvoyé dans le réservoir.

Accumètre. E. FAUVIN, E. AMIOT et C. CHENEAUX (Brevet français 371197 du 19 octobre 1906). — Il s'agit ici d'un appareil permettant de se rendre compte de l'état de décharge d'un accumulateur. On sait que la connaissance de la force électromotrice d'un élément n'est pas une indication suffisante de son état de décharge et qu'il est préférable de connaître la tension de l'élément en décharge. L'appareil utilisé ici est un simple voltmètre, mais qui renferme en outre une résistance permettant de faire débiter l'élément à un régime en ampères égal environ au dixième de la capacité indiquée en ampères-heures. En appuyant sur un bouton supplémentaire, on fait débiter l'accumulateur et l'appareil indique la tension aux bornes.

BOBINE D'INDUCTION.

Accroissement de la force électromotrice d'induction par l'emploi de plusieurs interrupteurs de Wehnelt, par A. HENRY (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — L'auteur a constaté qu'une bobine d'induction donne une étincelle plus longue et une fréquence plus grande lorsqu'on remplace l'interrupteur unique par une série d'interrupteurs de Wehnelt.

Tandis qu'un seul interrupteur donne 4^{cm} d'étincelle, deux en série donnent jusqu'à 14^{cm} d'étincelle. La fréquence, déterminée au miroir tournant, par comparaison avec un diapason entretenu électriquement et actionnant une capsule de Kœnig, est 300 avec un seul et 600 avec les deux. Quand les deux interrupteurs sont identiques, on reconnaît au miroir tournant que les fils de platine rougissent alternativement. S'il n'y a pas identité, il n'y a plus de relation simple entre les intervalles correspondant à l'incandescence des fils de platine.

Il est à remarquer que l'emploi d'interrupteurs en série permet d'accroître le rendement de la bobine. La différence de potentiel aux bornes du primaire restant égale à 90 volts dans tous les cas, l'intensité est de 8,5 ampères, la longueur d'étincelle 4^{cm} et la fréquence 300 par seconde avec un seul interrupteur; avec deux en série, l'intensité n'est plus que de 5 ampères, la longueur d'étincelle 14^{cm} et la fréquence 600 par seconde.

Lorsque les interrupteurs sont montés en parallèle, on constate au miroir tournant qu'ils fonctionnent au même instant; cette disposition est moins avantageuse que la première.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines transformatrices : BERLEMONT. BF. 376749, 20 juin 1906 (tube à régulateur automatique). — BRINKMANN. USAP. 857866, 14 mars 1905 (bobine d'induction). — BROWN, BOVERI et Cᵉ. DRP. 187395, 22 avril 1906 (transformateurs). — CHURCHER. USAP. 858574, 4 août 1905 (redresseur électrolytique). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. BF. 375612, 12 mars 1907 (accélération des bobines présentant de la self-induction); DRP. 187045, 24 juil. 1906 (transformateurs); 187647, 27 oct. 1904 (démarrage des groupes convertisseurs). — FRANK. USAP. 853778, 10 sept. 1906 (transformateur). — GENERAL ELECTRIC Cy. BP. 16895 et 17561, 1906 (transformateurs). — HARTWIG. DRP. 186594, 15 mars 1906 (tube de Rœntgen à dispositif régulateur). — KOCH et STERZEL. DRP. 187969 (dispositif pour actionner des tubes de Rœntgen par courant alternatif). — MANDERS. BP. 5164, 1907 (transformation des courants continus en alternatifs). — MOSCICKI. BP. 14259, 1906 (installation électrochimique); USAP. 854662, 17 fév. 1904 (condensateur électrolytique). — SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE. DRP. 187044, 11 fév. 1906 (transformateur). — STUTTMANN. DRP. 186633, 3 mars 1906 (disposition de balais pour convertisseur à plusieurs enroulements d'induits fermés). — TAYLOR. USAP. 854774, 10 oct. 1906 (transformateurs à haut voltage). — THOMPSON. USAP. 854316, 23 nov. 1906 (bobines secondaires multiples associées à une bobine primaire unique). — TROY. USAP. 853843, 21 sept. 1906 (transformateur). — *Accessoires divers* : BARCUS. USAP. 856566, 26 oct. 1905 (enroulement pour transformateur). — DARLINGTON. USAP. 854277, 25 juin 1906 (refroidissement des transformateurs par immersion dans un liquide à grande chaleur spécifique). — REED. USAP. 854309, 3 nov. 1906 (dispositif pour supporter les noyaux de transformateurs); USAP. 856602 (oscillateur). — SKINNER. USAP. 854311, 13 sept. 1905 (support pour bobine de transformateur); 854312, 3 oct. 1905 (injection de liquide froid à travers l'enroulement des transformateurs). — TAYLOR. USAP. 854772, 29 sept. 1904 (dispositif pour renverser la polarité des convertisseurs).

Piles : BUSS. DRP. 187991, 13 fév. 1906 (pile Leclanché). — CHRISTENSEN. DRP. 187905, 27 sept. 1905 (élément galvanique à circulation de liquide). — HITE. BF. 377990, 23 avril 1907 (pile). — LINCOLN ELECTRIC Cᵒ. BF. 376320, 2 avril 1907 (perfectionnements dans les piles sèches). — TAYLOR. USAP. 858117, 22 déc. 1905 (batterie médicale).

---

[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Iᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

COMMANDES A DISTANCE.

Observations sur la commande par ondes hertziennes, par C. DEVAUX (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — Les commandes à distance, quelle que soit la manière dont elles sont réalisées, peuvent se diviser en deux classes : la commande simple et la commande multiple. La commande simple n'a en vue que d'asservir un seul organe; c'est un véritable télégraphe; elle convient pour l'apparition d'un signal, pour l'allumage d'une lampe ou d'une mine. La commande multiple veut, au contraire, mettre en œuvre plusieurs organes, indépendamment les uns des autres.

Lorsque l'énergie électrique est transmise par fils, la commande multiple s'obtient aisément en montant un relais pour chaque appareil à commander et excitant ces relais par des circuits distincts. Comme le nombre des appareils n'est jamais très grand, le nombre des fils nécessaires à leur commande n'est pas, en général, une gêne dans la pratique. Le même principe pourrait être adopté dans la commande par ondes hertziennes si l'on disposait de modes de syntonisation rigoureux permettant d'affecter une longueur d'onde propre à chaque récepteur commandant chaque relais.

L'impossibilité actuelle d'obtenir la syntonie parfaite a forcé à chercher une autre solution, d'ailleurs mise en pratique dans certaines commandes à distance avec fils : il fallait, étant donné un nombre quelconque de circuits locaux actionnant des relais, avoir un commutateur capable de se promener devant eux à notre gré, mais de n'en fermer qu'un seul, également sur notre ordre; en d'autres termes, il fallait avoir un organe accomplissant successivement les deux fonctions suivantes : *chercher* le circuit correspondant à la manœuvre désirée, puis *commuter* ce circuit une fois trouvé.

Parmi les procédés capables de fournir une solution à ce double problème, M. C. Devaux a utilisé un dispositif employé il y a bien longtemps en télégraphie ordinaire : le télégraphe à cadran. « Un semblable télégraphe, dit-il, étant monté sur le circuit local du poste récepteur, il est évident que l'aiguille avance d'une division à chaque onde émise. Supposons l'aiguille remplacée par un frotteur, les lettres à la périphérie du cadran par des plots reliés aux divers circuits à commander et nous avons ainsi le dispositif chercheur avançant à notre gré sur la série des plots. Le plot convenable atteint, c'est au tour du *commutateur* d'intervenir. Ce commutateur est placé en série sur la ligne alimentant le frotteur précédent, la coupant à l'état normal; la commutation se fait par l'intermédiaire d'une armature dont l'électro-aimant est excité par l'un des circuits dont il est question plus haut. Il suffit de donner à cette armature une inertie assez forte par rapport à celle du chercheur, de telle sorte qu'elle ne puisse tomber que pour une émission assez longue. C'est, en résumé, l'adaptation des signaux Morse : les points servant à l'avancement du chercheur, le trait final à la commutation définitive (¹). »

A la fin de 1905 et au début de 1906, M. Devaux a appliqué ces principes à la commande des divers mouvements d'un torpilleur sous-marin. Les résultats obtenus ont été très satisfaisants, bien que diverses difficultés, inhérentes à la transmission des ondes hertziennes, aient été rencontrées.

L'une de ces difficultés résulte de la mise en jeu, dans le voisinage immédiat du cohéreur, de servomoteurs électriques pouvant donner lieu à des étincelles agissant sur le cohéreur, et faire ainsi avancer le chercheur avant que l'opération commandée ait été complètement effectuée. Pour obvier à cette cause d'erreur dans le fonctionnement du mécanisme on peut utiliser plusieurs tours de main. Dans ses essais de commande de torpilleurs sous-marins, M. Devaux a employé avec succès l'artifice suivant : dès que le relais correspondant à une commande était tombé, c'est-à-dire au moment même où les influences perturbatrices allaient intervenir, ce même relais coupait les connexions du cohéreur, puis ces connexions se trouvaient rétablies grâce à un mécanisme défileur dont la durée de fonctionnement, déterminée expérimentalement, était toujours notablement plus grande que celle nécessaire au fonctionnement des servomoteurs (²).

Aussi M. Devaux conclut-il que, dans le problème de la commande à distance sans fil, la partie relative au récepteur multiple est résolue, et qu'il est aussi commode et aussi sûr d'installer des postes de commande sans fil que des postes de télégraphie sans fil.

(¹) Ainsi que M. Devaux le fait remarquer lui-même dans sa Communication, un ingénieur espagnol, M. Torrès, a appliqué le même principe avec d'autres dispositifs de détails. Ceux-ci peuvent, en effet, varier beaucoup sans sortir des grandes lignes qui viennent d'être indiquées : un ensemble électro-aimant et armature obéissant en un temps assez rapide; un deuxième ensemble, retardant sur le premier, le retard pouvant être demandé à des amortisseurs à inertie ou à freinage, ou encore à des échappements d'horlogerie.

(²) On sait que M. Branly a employé un autre dispositif : un mouvement d'horlogerie n'établit les connexions du cohéreur avec l'antenne qu'à des périodes déterminées et pendant des durées très courtes.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

DÉTECTEURS D'ONDES.

Sur les détecteurs magnétiques, par Ch. MAURAIN et C. TISSOT (Rapport présenté au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — Il n'entre pas dans le cadre de ce Rapport de faire la bibliographie ou l'historique de la question; on pourra trouver des renseignements assez complets à ce sujet dans un article publié par l'un de nous dans *La Revue électrique* (¹). Nous indiquerons seulement ici quelques points sur lesquels il serait désirable d'étendre les connaissances.

Les ondes hertziennes agissent sur l'aimantation par le champ magnétique oscillant qu'elles produisent; ordinairement, le courant oscillant provoqué par l'arrivée des ondes sur l'antenne réceptrice passe sur une petite bobine qui entoure le noyau magnétique; on peut aussi envoyer ce courant oscillant dans le noyau magnétique lui-même, constitué par exemple par un fil fin; il agit alors par le champ magnétique transversal qu'il produit dans ce fil.

On observe seulement, d'habitude, l'effet global du champ magnétique oscillant sur l'aimantation, qui est de réduire l'hystérésis magnétique d'autant plus fortement que le champ magnétique oscillant a une amplitude initiale plus grande; il serait très intéressant d'étudier dans le détail l'action du champ magnétique oscillant, c'est-à-dire les variations correspondantes de l'aimantation. Une première difficulté qui se présente alors est causée par l'action des courants induits, très prononcés aux hautes fréquences; ces courants tendent à s'opposer à la pénétration du champ oscillant dans le noyau magnétique; le champ oscillant en un point intérieur du noyau est réduit et décalé par rapport au champ agissant à la surface, de sorte que l'aimantation, que mesure une action extérieure quelconque, n'est plus qu'une moyenne mal définie; on peut combattre cette difficulté en divisant à l'extrême le noyau magnétique, par exemple en le constituant par du fer porphyrisé ou par des fils excessivement fins.

Une autre difficulté est de réaliser un bon appareil de mesure qui puisse suivre des variations aussi rapides; le pinceau de rayons cathodiques d'un tube de Braun suit bien les variations du champ magnétique et de l'aimantation et trace, sous leur action combinée, la courbe d'aimantation, mais il faudrait rendre la trace de la tache lumineuse assez nette pour qu'on puisse faire des mesures précises. Si l'on opère avec les oscillations habituelles, qui sont plus ou moins amorties, la courbe décrite par la tache lumineuse est continuellement variable, et si l'on veut l'enregistrer il faut employer une plaque photographique se déplaçant avec rapidité, ou un miroir tournant, d'où la nécessité de beaucoup de lumière pour avoir une impression suffisante. On se trouverait sans doute dans des conditions beaucoup plus favorables en utilisant les courants alternatifs à haute fréquence obtenus avec l'arc chantant, et qui sont d'amplitude constante; la courbe parcourue par la tache lumineuse serait alors constante et, par suite, soit directement visible, à cause de la persistance des impressions lumineuses, soit facilement photographiable, même si la tache était très petite. On obtiendrait sans doute ainsi de très bonnes courbes d'aimantation aux hautes fréquences; il y aurait à étudier les courbes obtenues en superposant le champ oscillant à des champs constants de différentes valeurs, et à chercher ce qui se passe quand on fait varier l'amplitude et la fréquence du champ oscillant. Ces expériences seraient intéressantes non seulement au point de vue scientifique, mais aussi au point de vue de l'emploi des détecteurs magnétiques en télégraphie sans fil, puisque les expériences de Poulsen conduisent à employer des oscillations entretenues, c'est-à-dire des couranrs oscillatoires réguliers, au lieu des oscillations amorties utilisées surtout jusqu'ici.

Les détecteurs magnétiques dans lesquels on utilise l'action des oscillations non plus sur l'intensité d'aimantation, mais sur l'énergie d'hystérésis, semblent permettre mieux que les autres l'enregistrement des signaux, à cause des mouvements qui y manifestent les variations de l'énergie d'hystérésis. On ne paraît pas en avoir tiré un parti suffisant. En particulier, l'emploi d'oscillations entretenues y semble tout indiqué, car, la réduction de l'hystérésis magnétique ayant lieu alors à chaque instant dans les mêmes conditions, il doit en résulter une forte action sur l'énergie d'hystérésis. Les résultats obtenus dans l'étude des détecteurs où les oscillations agissent sur l'intensité d'aimantation semblent suffire à expliquer les phénomènes observés avec les détecteurs à énergie d'hystérésis; mais des expériences quantitatives nouvelles seraient nécessaires pour préciser les meilleures conditions d'emploi de ces derniers.

On a peu étudié jusqu'ici les détecteurs magnétiques au point de vue des transformations d'énergie qui s'y produisent; le champ magnétique oscillant, en réduisant l'hystérésis magnétique, met en jeu une partie de l'énergie potentielle du noyau; d'autre part, les variations de l'aimantation sous l'action du champ oscillant entraînent la transformation en chaleur de l'énergie d'hystérésis correspondante; il y aurait intérêt à comparer ces quantités d'énergie entre elles et avec celle mise en jeu par le courant oscillant, et à se rendre compte ainsi de la façon dont celle-ci est utilisée dans les différents détecteurs.

(¹) *La Revue électrique*, t. VII, 30 mars 1907, p. 182.

Sur l'effet enregistré par le détecteur électrolytique, par C. TISSOT (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — On utilise, depuis un certain temps, sous le nom de *détecteur électrolytique,* un dispositif dont le principe a été signalé par Ferrié dès 1900 et qui est constitué par un voltamètre à électrodes de platine, de surfaces très inégales, immergées dans un électrolyte (généralement acide sulfurique ou azotique en solution aqueuse).

Associé à un téléphone et à un circuit de résonance, le dispositif constitue un détecteur d'ondes très sensible et permet d'opérer, à des distances considérables, la lecture ***au son*** des messages de télégraphie sans fil.

Il peut être utilisé tel quel. Mais, dans les conditions habituelles d'emploi, on applique au voltamètre une force électromotrice constante auxiliaire, l'anode étant constituée par la pointe fine : la sensibilité du détecteur se trouve alors accrue d'une manière notable.

Dans tous les cas, le téléphone qui est intercalé dans le circuit rend un son quand le voltamètre est soumis à l'action de trains d'ondes électriques.

M. Armagnat [1] a étudié l'appareil en vue de la détermination des conditions les plus favorables qu'il convient de réaliser dans les applications.

D'autre part, diverses recherches ont été entreprises pour donner l'interprétation du phénomène.

Laissant tout d'abord de côté ce point de vue purement spéculatif, je me suis proposé de déterminer, par observation directe, comment se comporte le détecteur sous l'action des ondes qu'il reçoit, c'est-à-dire à quelle *qualité* des oscillations il se montre particulièrement sensible.

En dehors de toute considération théorique, l'intérêt d'une pareille recherche résulte du fait que, selon qu'un détecteur est sensible à l'effet total, à l'amplitude ou à la valeur moyenne (de l'intensité ou de la force électromotrice), il convient de l'employer avec tel ou tel montage déterminé, et qu'il se prête dans une mesure plus ou moins grande à l'utilisation des phénomènes de résonance.

Afin d'obtenir des évaluations susceptibles de mesures, on a substitué à l'écouteur téléphonique un galvanomètre, et comparé, pour des émissions identiques faites à distance, les indications de ce galvanomètre à celles d'un bolomètre.

Le bolomètre était directement intercalé sur l'antenne réceptrice préalablement accordée.

Le détecteur électrolytique était disposé dans un circuit de résonance en liaison lâche avec l'antenne réceptrice, et accordé à la période des ondes reçues.

Les expériences consistaient à enregistrer les effets exercés sur les deux détecteurs (bolomètre et électrolytique) par des séries d'émissions bien constantes, et à faire varier pour chaque série l'énergie des oscillations reçues par l'antenne, en modifiant progressivement l'étincelle d'émission.

Le phénomène présente des aspects différents selon que l'on fait usage ou non d'une force électromotrice auxiliaire. Dans l'un et l'autre cas, il y a déviation du galvanomètre relié au détecteur électrolytique quand l'appareil reçoit des oscillations électriques. Mais, ainsi que l'a noté M. Ferrié [1], les déviations se produisent dans les deux cas en sens inverse. Le courant continu qui résulte de l'action des oscillations sur la cellule électrolytique va (à l'intérieur du voltamètre) de la petite électrode à la grande quand il y a une force électromotrice appliquée, le pôle positif à l'anode fine, tandis qu'il va de la grande électrode à la petite quand il n'y a pas de force électromotrice auxiliaire.

I. Cas de l'emploi d'une source auxiliaire. — Au moment où l'on ferme le courant auxiliaire sur le voltamètre, il se produit au galvanomètre une brusque élongation Δ qui va en diminuant progressivement, rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement, pour atteindre au bout de quelques minutes une valeur *sensiblement* fixe δ_0.

C'est l'allure ordinaire du phénomène de polarisation. La valeur de l'élongation primitive et la valeur finale de la déviation δ_0 vont, bien entendu, en croissant avec la valeur de la force électromotrice appliquée E_0.

En portant en abscisses les forces électromotrices et en ordonnées les intensités du courant qui traverse la cellule électrolytique, on obtient *une courbe continue,* ainsi que l'a observé M. Rothé [2].

Les courbes qui se rapportent à l'électrolytique dont nous nous sommes servi montrent que le phénomène a aussi une allure parfaitement continue au-dessus même de l'électrolyse dite *normale.* Dans le cas présent, l'électrolyse sensible est décelée par un bourdonnement particulier au téléphone. Bien que ce bourdonnement commence à se faire entendre à partir de 2,6 volts, aucun crochet brusque ne révèle le début du phénomène.

M. Armagnat [3], qui a donné le tracé de courbes analogues, a attiré l'attention sur l'allure dissymétrique des courbes que l'on obtient avec les détecteurs électrolytiques, c'est-à-dire des voltamètres à électrodes inégales. Cette dissymétrie est encore plus accentuée quand on relève les courbes $i = f(t)$ représentatives du courant en fonction du temps, ainsi que l'a noté M. Rothé. Elle se traduit par une différence d'aspect dans la forme des deux branches de courbes, la courbe obtenue en prenant la pointe fine comme anode présentant un coude plus prononcé que l'autre.

Les courbes que nous avons obtenues ont été produites sans intercaler dans le circuit d'autre résistance que celle de la cellule elle-même et du galvanomètre. L'équilibre final δ_0 est alors atteint beaucoup plus vite. Quand il y a une résistance notable dans le circuit, le régime stable est atteint si lentement que l'on est porté à attribuer aux δ_0 des valeurs trop fortes, ce qui altère la régularité des courbes.

---

(1) Armagnat, *La Revue électrique*, t. V, 15 mai 1906, p. 267.

(1) G. Ferrié, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLI, 31 juillet 1905, p. 315. — *La Revue électrique*, t. IV, 15 septembre 1905, p. 144.

(2) E. Rothé, *Journal de Physique*, 4e série, t. III, septembre 1904, p. 676.

(3) Armagnat, *loc. cit.*

1° *Effet des oscillations pour une force électromotrice auxiliaire constante.* — On a tout d'abord étudié l'effet des ondes sur l'électrolytique dans le cas du montage habituel, c'est-à-dire quand il y a une force électromotrice appliquée constante E_0 qui fait prendre au galvanomètre une déviation δ_0. L'action des oscillations produit une brusque élongation δ qui diminue *très rapidement*, tandis que les oscillations continuent à agir, pour prendre une valeur sensiblement fixe $\delta_1 < \delta$, δ_1 et δ étant d'ailleurs peu différentes.

Quand les oscillations cessent, le galvanomètre revient à une déviation δ_2 inférieure à δ_1, mais toujours supérieure à δ_0.

Cette déviation δ_2 diminue ensuite progressivement sous l'action de la force électromotrice constante E_0, et le spot se fixe de nouveau à la déviation primitive δ_0.

Il y a donc, en fait, superposition d'un effet *permanent* à un effet *temporaire*. Dans la réception au téléphone, c'est l'effet temporaire qui entre seul en jeu. En première approximation, il peut être évalué par l'accroissement $(\delta_1 - \delta_0)$ de déviation, produit sous l'action des oscillations quand le régime permanent est établi.

Les valeurs respectives de δ_0, δ_1 et δ_2 varient beaucoup avec la force électromotrice appliquée E_0.

D'une manière générale :

Pour une valeur donnée de la force électromotrice appliquée E_0, c'est-à-dire pour une valeur déterminée de la déviation initiale δ_0, les valeurs de $(\delta_1 - \delta_0)$ vont en croissant rapidement avec la quantité d'énergie reçue et tendent vers une limite sensiblement fixe.

Dès que l'énergie reçue dépasse une certaine valeur (toujours très faible, et d'autant plus faible que la force électromotrice appliquée E_0 est plus grande et la pointe plus fine), la déviation $(\delta_1 - \delta_0)$ devient indépendante de l'énergie mise en jeu à la réception.

Voici, par exemple, une observation qui se rapporte à des émissions faites à une distance de 2^{km} en système direct, avec des étincelles variant de $0^{cm},2$ à $4^{cm},5$:

Bolomètre.	Électrolytique.
4	60
25	75
85	80
120	80

Pour des valeurs de l'énergie (ou de l'intensité efficace du courant dans l'antenne réceptrice) qui correspondent à des valeurs supérieures à 4 divisions du bolomètre, le détecteur électrolytique se comporte comme un *cohéreur* ou, plus justement, comme un détecteur magnétique de Rutherford *désaimanté à fond*.

Afin d'examiner comment se comporte le détecteur pour les oscillations *les plus faibles* qu'il soit susceptible de déceler, on a enregistré les émissions d'un poste situé à 40^{km} de distance.

En réduisant suffisamment l'étincelle, on pouvait alors arriver à leur donner une valeur telle qu'il fût impossible de les enregistrer, soit au galvanomètre, soit au téléphone de l'électrolytique.

A partir de cette valeur limite, on faisait croître progressivement l'étincelle et, pour évaluer l'énergie mise en jeu, on substituait à l'observation bolométrique, qui devenait sinon impossible du moins très incertaine, l'observation du courant à la base de l'antenne d'émission.

Nous avons montré par ailleurs que l'énergie mise en jeu dans l'antenne réceptrice est (toutes choses égales) proportionnelle au carré de l'amplitude du courant à la base de l'antenne d'émission. C'est ainsi qu'ont été obtenus les résultats suivants :

Énergie reçue.	Déviations $(\delta_1 - \delta_0)$.
2	1
8	4
18	10
26	18
30	28
44	30

Tant que les déviations demeurent faibles, il existe une proportionnalité approximative entre ces déviations et les valeurs de l'énergie reçue par l'antenne. Mais les déviations croissent *plus vite* que l'énergie reçue.

2° *Influence de la force électromotrice appliquée.* — Quand, pour une même valeur de l'énergie reçue, on fait croître progressivement la force électromotrice auxiliaire, les déviations du galvanomètre de l'électrolytique vont en augmentant, lentement d'abord, puis de plus en plus rapidement, sans qu'il se produise de modification apparente dans le phénomène alors qu'on atteint la région d'électrolyse normale.

On a, par exemple :

Force électromotrice appliquée.	Déviations $d_1 - d_0$.	Force électromotrice appliquée.	Déviations $d_1 - d_0$.
volts		volts	
1,2..........	0	2,25..........	11
1,4..........	0,1	2,40..........	15
1,55..........	0,5	2,50..........	21
1,7..........	1	2,60..........	28
1,8..........	2	2,70..........	35
1,9..........	3	2,80..........	45
2..........	5	2,90..........	60
2,15..........	8	3..........	80

Les déviations demeurent très faibles tant que la force électromotrice appliquée ne dépasse pas 2,15 volts et croissent ensuite constamment même alors que l'électrolyse est franchement établie (au dessus de 2,7 volts). Il n'y a donc pas de *valeur critique* pour la force électromotrice qu'il y a intérêt à prendre la plus élevée possible. En pratique, on se trouve limité par l'établissement de l'électrolyse qui produit dans le téléphone un bourdonnement continu susceptible de nuire à la netteté de la réception des signaux.

II. Cas où il n'y a pas de force électromotrice auxiliaire. — Dans le mode de montage habituel, c'est-à-dire quand on fait usage d'une source auxiliaire, le phénomène qui se produit à la réception dépend nécessairement de conditions complexes et, en particulier, de l'état des électrodes au moment où elles subissent l'action des oscillations.

Il présente un caractère beaucoup plus simple lorsqu'il n'y a pas de force électromotrice appliquée. Le galvanomètre demeure alors au zéro tant que les oscilla-

tions n'agissent pas, prend une déviation parfaitement fixe pendant leur action, et revient exactement au zéro dès qu'elles cessent d'agir. Il n'existe plus qu'un effet *temporaire* et les relations quantitatives apparaissent avec une grande netteté.

Voici les déviations respectives qui ont été obtenues dans ces conditions au bolomètre et au galvanomètre de l'électrolytique.

Bolomètre.	Électrolytique.
5	3,5
5	3,5
20	13,5
40	26,5
60	39
100	65

Les indications des deux instruments peuvent être regardées comme *rigoureusement* proportionnelles.

On doit inférer que l'*intensité* I *du courant continu qui résulte de l'action des oscillations sur la cellule électrolytique est proportionnelle au carré* i_0^2 *de l'amplitude des oscillations dans l'antenne réceptrice.*

III. Interprétation des résultats obtenus. — L'objet de nos expériences était la détermination de la manière dont se comporte *en pratique* l'électrolytique. Elles montrent que, dans les conditions où il est utilisé à la réception des signaux, il fonctionne *en général* comme un détecteur d'amplitude, incapable d'intégrer les effets qu'il reçoit.

Mais les résultats obtenus sont d'une telle netteté, en particulier dans le cas où il n'y a pas de force électromotrice auxiliaire, qu'ils appellent une tentative d'interprétation.

Diverses explications ont été proposées pour rendre compte du phénomène qui se produit sous l'action des oscillations dans la cellule électrolytique. Fessenden (1) y voyait un effet purement thermique. Le passage du courant de haute fréquence dans l'électrolyte en provoquerait l'échauffement. Comme le coefficient de variation de la plupart des électrolytes est négatif, il en résulterait une chute de résistance.

Mais on doit observer que le phénomène n'est pas indépendant du sens d'application du courant. De Forest (2), Rothmund et Lessing (3) ont montré qu'il n'est pas effecté par des variations notables de température. Il ne se produit pas de modification sensible dans le phénomène de réception quand on place la cellule électrolytique dans un bain de paraffine que l'on échauffe progressivement jusqu'à amener l'électrolyte à l'ébullition.

De Forest interprète le phénomène comme une interruption de polarisation provoquée par l'action des oscillations. A l'appui de cette assertion, il a montré qu'il n'a plus lieu dès que l'on empêche la polarisation de se produire. C'est ce qui arrive, par exemple, quand on platine la surface du fil fin ou lorsqu'on emploie comme anode un fil de fer.

Rothmund et Lessing ont montré que la force électromotrice d'un couple dont l'une des électrodes est constituée par une pointe fine de différents métaux est altérée par l'action des ondes.

(1) Fessenden, *Elekt. Zeitsch.*, 1903, p. 586 et 1015.
(2) De Forest, *Revue élect.*, t. III, 15 janvier 1905, p. 22.
(3) Rothmund et Lessing, *Ann. der Physik.*, 1904, p. 193.

Ils assimilent la cellule électrolytique à une *soupape* à électrodes d'aluminium. L'une des phases passerait aisément de l'électrolyte à l'électrode, l'autre avec difficulté à cause de la couche d'oxyde.

Cela revient à supposer que le passage des oscillations produit une dépolarisation temporaire.

Telle est aussi la conclusion de Reich (1), qui, faisant passer dans la cellule une décharge non oscillante de bouteille de Leyde, a trouvé une différence d'effet selon le sens de la décharge.

Ferrié (2) pense que le phénomène est tout différent selon qu'il n'y a pas ou qu'il y a une force électromotrice auxiliaire. Dans le premier cas, la cellule se comporterait comme une *soupape*. Dans le second, la source auxiliaire polarise le détecteur : le *condensateur électrolytique* ainsi formé étant chargé au potentiel de la pile, les oscillations déchirent la couche du diélectrique formé au contact de l'anode et une conductibilité momentanée se produit.

Sans insister sur les objections que soulève le mécanisme de la rupture de la couche *diélectrique* supposée, on peut observer que l'explication revient encore à dire qu'il y a *dépolarisation* sous l'effet des oscillations.

En somme, le fait dont il s'agit de rendre compte, c'est que les oscillations produisent, en apparence ou en réalité, une dépolarisation des électrodes.

Pour ne s'attacher qu'aux effets temporaires, il importe tout d'abord d'insister sur la *continuité* du phénomène, continuité qui se poursuit même lors de l'établissement de l'électrolyse normale.

Si l'on observe que la variation des déviations $(\delta_1 - \delta_0)$ du galvanomètre de l'électrolytique, pour des forces électromotrices appliquées croissantes, présente la même allure que la variation des δ_0, il paraît logique de la rapporter à la même cause, c'est-à-dire au passage du courant de polarisation.

M. Rothé (3) a établi, d'ailleurs, qu'un voltamètre devait être considéré non comme un simple condensateur, mais comme un condensateur *associé à un accumulateur*.

Warburg (4), puis Neumann ont déduit, de l'applica-

(1) Reich, *Elekt. Zeitsch.*, 1904, p. 338.
(2) Ferrié, *loc. cit.*
(3) Rothé, *loc. cit.*
(4) Warburg (*Wied. Ann.*, 1899, p. 494) a montré que la concentration ionique c à une distance z de l'électrode (comptée perpendiculairement à l'électrode) est liée à la vitesse de diffusion K par la relation $\frac{\partial c}{\partial t} = K \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$.

Dans le cas où un voltamètre à électrodes de surfaces inégales est traversé par un courant périodique $i = i_0 \sin \omega t$, l'équation différentielle est satisfaite par une relation

$$c = c_0 + Be^{-\frac{z}{\zeta}} \cos\left(\omega t - \frac{z}{\zeta} + \Phi\right).$$

Au voisinage immédiat de l'électrode, c'est-à-dire pour $z = 0$, on a simplement

$$c = c_0 + B \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right).$$

tion de la relation de Nernst, une théorie de la polarisation, qui permet d'obtenir l'expression de la capacité de polarisation dans le cas où les électrodes sont soumises à l'action d'un courant alternatif.

Sans suivre toutes les conséquences de cette théorie osmotique de la polarisation on peut montrer que des considérations analogues suffisent à rendre compte, d'une manière générale, du fait que l'action des oscillations sur une électrode polarisable donne lieu à un effet dissymétrique.

La relation de Nernst donne, pour expression de la force électromotrice de polarisation en fonction de la concentration respective des ions aux électrodes,

$$E = A \mathcal{L} \frac{c}{c_0}.$$

Dans le cas présent, on peut supposer que la concentration ionique au voisinage de la grande électrode demeure constante. Mais la concentration c au voisinage de la petite électrode subit des *oscillations* que l'on peut considérer en première approximation comme proportionnelles à celles du courant $i = i_0 \sin \omega t$.

Si l'on fait $c = c_0 + a \sin \omega t$, où a représente une constante proportionnelle à l'amplitude du courant, la force électromotrice de polarisation prend la forme

$$E = A \mathcal{L}\left(1 + \frac{a}{c_0} \sin \omega t\right).$$

Cette forme est *dissymétrique* à cause de la fonction logarithmique et c'est cette dissymétrie qui se traduit par un courant continu et prend l'aspect du phénomène apparent de *chute de résistance,* ou de *cohérence.*

Si les conditions sont telles que $\frac{a}{c_0}$ soit inférieure à 1, le développement du logarithme en série convergente donne

$$\mathcal{L}\left(1 + \frac{a}{c_0} \sin \omega t\right) = \frac{a}{c_0} \sin \omega t - \frac{1}{2}\left(\frac{a}{c_0}\right)^2 \sin^2 \omega t + \ldots,$$

c'est-à-dire

$$E = A\left[\frac{a}{c_0} \sin \omega t - \frac{1}{2}\left(\frac{a}{c_0}\right)^2 \sin^2 \omega t + \ldots\right].$$

Le courant continu dont on constate l'existence est dû à la force électromotrice *moyenne*

$$E_m = \frac{1}{T} \int_0^T E\, dt$$

pendant la durée T d'une période, cette force électromotrice moyenne étant appliquée au circuit de résistance constante R qui comprend la cellule électrolytique et le galvanomètre. Il a pour valeur

$$I = \frac{A}{R.T} \int_0^T dt \left[\frac{a}{c_0} \sin \omega t - \frac{1}{2}\left(\frac{a}{c_0}\right)^2 \sin^2 \omega t + \ldots\right].$$

Comme d'ailleurs

$$\int_0^{2\pi} \sin^{2m+1} x\, dx = 0,$$

$$\int_0^{2\pi} \sin^{2m} x\, dx = \frac{1.3\ldots(2m-1)}{2.4\ldots 2m} 2\pi;$$

on a

$$I = -\frac{A}{RT}\left[\frac{T}{2}\,\frac{1}{2}\left(\frac{a}{c_0}\right)^2 + \frac{T}{4}\,\frac{1.3}{2.4}\left(\frac{a}{c_0}\right)^4 + \ldots\right],$$

et, pour des valeurs suffisamment faibles de $\left(\frac{a}{c_0}\right)$, il vient simplement

$$I = -\frac{A}{4R}\left(\frac{a}{c_0}\right)^2,$$

ou

$$I = -B i_0^2$$

(B étant une constante); c'est précisément le résultat que nous avons obtenu.

Une relation analogue a été vérifiée par Gundry (1), mais d'une manière seulement approchée, dans le cas d'électrodes polarisables de mercure soumises à l'action de courants alternatifs de basse fréquence. Les observations que nous avons faites indiquent qu'elle serait rigoureusement applicable à la cellule électrolytique pour des oscillations de la fréquence de 10^6 par seconde.

Lorsqu'on fait usage d'une force électromotrice auxiliaire E_0, il existe une déviation préalable δ_0, c'est-à-dire un courant I_0 dû à la *différence* entre la force électromotrice appliquée E_0 et la force électromotrice de polarisation. Car le voltamètre doit alors être assimilé à un accumulateur *en charge.*

Si l'on représente la force électromotrice de polarisation par une expression analogue à celle qui a été adoptée ci-dessus

$$A \mathcal{L} \frac{c_1}{c_0},$$

le courant variable superposé au courant continu fait subir à la concentration c (à la petite électrode) des *oscillations* autour de la valeur moyenne c_1. Et l'on doit écrire ici pour le courant

$$I = \frac{1}{R}\left(E_0 - \frac{A}{T} \int_0^T \mathcal{L} \frac{c_1 + a \sin \omega t}{c_0}\, dt\right).$$

La valeur I_0 du courant qui donne la déviation δ_0 étant

$$I_0 = \frac{1}{R}\left(E_0 - A \mathcal{L} \frac{c_1}{c_0}\right),$$

on a

$$I = \frac{1}{R}\left[E_0 - A \mathcal{L} \frac{c_1}{c_0} - \frac{A}{T} \int_0^T \mathcal{L}\left(1 + \frac{a}{c_1} \sin \omega t\right) dt\right],$$

et, si l'on suppose $\frac{a}{c_1} < 1$,

$$\frac{1}{T} \int_0^T \mathcal{L}\left(1 + \frac{a}{c_1} \sin \omega t\right) dt = -\left[\frac{1}{4}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 + \frac{1}{4}\,\frac{1.3}{2.4}\left(\frac{a}{c_1}\right)^4 + \ldots\right].$$

(1) GUNDRY, *Phil. Mag.*, 6e série, t. XI, mars 1906, p. 329.

Par suite

$$I = \frac{1}{R}\Bigg(E_0 - A \times \left\{ \mathcal{L}\frac{c_1}{c_0} - \left[\frac{1}{4}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 + \frac{1}{4}\,\frac{1.3}{2.4}\left(\frac{a}{c_1}\right)^4 + \ldots\right]\right\}\Bigg),$$

ou

$$I = I_0 + \frac{A}{R}\left[\frac{1}{4}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 + \frac{1}{4}\,\frac{1.3}{2.4}\left(\frac{a}{c_1}\right)^4 + \ldots\right].$$

Il doit donc se produire un *accroissement* du courant I_0, c'est-à-dire un accroissement de la déviation primitive δ_0.

La déviation observée $(\delta_1 - \delta_0)$ se produit ainsi dans le même sens que δ_0, c'est-à-dire en *sens contraire* de la déviation que causent les oscillations lorsqu'il n'y a pas de force électromotrice auxiliaire.

Pour des valeurs suffisamment faibles de $\left(\frac{a}{c_1}\right)$, c'est-à-dire de i_0, on a encore sensiblement $(\delta_1 - \delta_0) = + B' i_0^2$, B' étant une constante, et le signe + montrant que le courant est de sens inverse au courant $I = - B i_0^2$ étudié dans le cas précédent.

Dès que $\left(\frac{a}{c_1}\right)$ augmente, ce qui peut avoir lieu, soit par la variation de i_0, soit par celle de E_0, les termes suivants du développement en série interviennent, de sorte que $(\delta_1 - \delta_0)$ va en croissant rapidement. D'ailleurs, la forme même de l'expression de I indique que I doit tendre rapidement et d'une manière asymptotique vers une valeur limite, sensiblement constante, pour une valeur donnée de E_0.

Toutes ces données générales se trouvent bien en accord avec les observations que nous avons rapportées.

TÉLÉPHONIE SANS FIL.

Parmi les questions mises à l'ordre du jour des séances de la Section de Physique de l'Association française pour l'avancement des Sciences, à son récent Congrès de Reims, figurait l'Étude de l'arc électrique comme producteur d'ondes hertziennes et son application à la télégraphie et à la téléphonie. Deux rapporteurs s'étaient partagé la tâche de présenter une vue d'ensemble des travaux faits jusqu'ici sur ces sujets : M. Turpain, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, pour la télégraphie, et M. le lieutenant de vaisseau Tissot, professeur à l'École navale de Brest, pour la téléphonie.

Dans un article publié dans ce journal (¹), M. Turpain a exposé très complètement à nos lecteurs le résultat de ses recherches bibliographiques et de ses travaux personnels. Cette publication est trop récente pour que croyions nécessaire de reproduire le Rapport de M. Turpain, qui d'ailleurs était un résumé de cet article. Nous nous bornons donc à reproduire ci-dessous le Rapport de M. Tissot.

(¹) *La Revue électrique*, t. VII, 30 juin 1907, p. 357.

La téléphonie sans fil, par C. TISSOT (Rapport présenté au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907).

I. Il convient de rappeler sommairement les tentatives qui ont été faites pour transmettre la parole à l'aide des ondes lumineuses. Les méthodes qui ont donné les meilleurs résultats sont basées comme on le sait sur l'emploi du *sélénium*. Deux procédés ont été tour à tour utilisés. Dans l'un d'eux on se sert d'une source *d'intensité constante* et l'on fait subir aux rayons émis des modifications convenables en un point de leur trajet. Dans l'autre, c'est la source lumineuse même dont *l'intensité varie* sous l'action des ondes sonores dont on opère la transmission.

Le premier procédé était utilisé dans le photophone de Graham Bell qui a permis en 1880 de réaliser des transmissions téléphoniques à une distance de 200^m.

Ruhmer a obtenu de meilleurs résultats en employant le second procédé et utilisant les propriétés de l'*arc chantant*, ou plutôt de l'*arc parlant* de Simons.

Le circuit d'un arc à courant continu comprend le primaire d'un transformateur dont le secondaire est disposé dans le circuit d'un microphone. Les vibrations sonores qui agissent sur le microphone se traduisent par des variations de courant dans le circuit de l'arc qui se comporte comme un parfait transmetteur photophonique. Ses rayons, rendus parallèles par un projecteur, viennent influencer à la station réceptrice un élément de sélénium spécial dans le circuit duquel est disposé un téléphone. Avec ce dispositif, Ruhmer a pu obtenir des transmissions téléphoniques à une distance de 15^{km}.

II. Le principe fondamental de la téléphonie sans fil par ondes électriques présente une grande analogie avec celui qui a servi de base à la téléphonie par ondes lumineuses.

Le transmetteur de téléphonie sans fil est associé également à un circuit oscillatoire dans lequel on entretient d'une manière indépendante des oscillations continues non amorties. Ce circuit oscillatoire se trouve d'ailleurs couplé, comme pour l'émission des ondes utilisées dans la télégraphie sans fil, avec un système rayonnant *ouvert* accordé.

De même aussi que pour la téléphonie par ondes lumineuses, on peut distinguer deux sortes de procédés différents pour faire agir les ondes sonores sur les ondes électriques.

Dans l'un des procédés, l'intensité des oscillations demeure *constante* et l'on fait agir les ondes sonores par l'intermédiaire d'un circuit microphonique sur le système couplé, de manière à *modifier* la pureté de l'accord, c'est-à-dire la *période*. Dans l'autre, c'est l'*intensité* même des oscillations qui est *modifiée* par l'action du circuit microphonique, la *période* demeurant *invariable*.

La transmission des ondes sonores s'effectue dans tous les cas grâce à l'*ondulation* des trains d'oscillations. Dans la transmission à fréquence constante, c'est la variation d'intensité des oscillations émises qui entraîne une variation d'effet corrélative à la réception. Dans la transmission à fréquence variable, l'effet qui est pro-

duit sur le récepteur est dû à ce qu'il y a variation dans le nombre de trains d'ondes qu'il reçoit.

Les dispositifs de réception généralement employés comprennent une antenne collectrice associée à un circuit de résonance accordé comme dans la télégraphie sans fil ordinaire, et un appareil propre à enregistrer et traduire les *ondulations* des trains d'oscillations. On a ainsi essayé tour à tour : des contacts microphoniques, des cohéreurs auto-décohérents, le détecteur magnétique et le détecteur électrolytique. Ces divers détecteurs sont, bien entendu, intercalés dans le circuit d'une source auxiliaire et d'un écouteur téléphonique.

Comme se rattachant au procédé de transmission par variation d'intensité des oscillations à l'émission, on peut citer celui qui a été proposé par Collins. Les dispositifs de transmission et de réception sont identiques et comprennent chacun un arc alimenté par du courant continu en dérivation sur un circuit qui comporte : une self-induction et un microphone pour l'émission, une self-induction et un écouteur pour la réception. La *terre* joue un rôle important dans le procédé de Collins. Le circuit d'alimentation de l'arc est fermé par la terre à l'aide de deux prises que l'on dispose à une distance notable l'une de l'autre.

Le procédé de Ruhmer, qui est celui paraissant avoir donné les résultats les plus pratiques, doit être considéré comme mettant à la fois en jeu, et des variations d'intensité des oscillations, et des variations de période.

Comme source d'émission d'oscillations entretenues, Ruhmer se sert de l'arc de Poulsen dans une atmosphère d'hydrogène. En dérivation sur l'arc est disposé le circuit oscillatoire qui comprend un condensateur et une self-induction constituant le primaire d'un Tesla. Le secondaire du Tesla est intercalé dans l'antenne d'émission.

Les ondes sonores agissent sur l'arc par l'intermédiaire d'une bobine à deux enroulements : l'un des enroulements se trouvant intercalé dans le circuit d'alimentation de l'arc, l'autre fait partie d'un circuit microphonique indépendant.

Le dispositif de réception est identique à celui qui est communément utilisé pour la réception des signaux de télégraphie sans fil avec détecteur électrolytique. Il comprend une antenne couplée à un circuit de résonance.

On aurait obtenu avec ce système des portées de communications téléphoniques du même ordre de grandeur qu'avec la téléphonie optique (Ruhmer).

Fessenden aurait réalisé des distances de communications beaucoup plus grandes, mais les descriptions incomplètes qui ont été publiées de ses dispositifs ne permettent pas de se rendre compte de la manière dont il opère.

L'emploi de l'arc de Poulsen utilisé dans la méthode de Ruhmer est délicat et présente de multiples inconvénients. Nous avons essayé de substituer au train d'ondes *continu*, que permet d'obtenir l'arc de Poulsen, une succession de trains d'ondes faiblement amortis et très rapprochés. On peut obtenir de pareils trains d'ondes en alimentant le Tesla ordinaire d'un dispositif indirect d'émission de télégraphie sans fil à l'aide d'un transformateur sans fer, dont le primaire fait partie du circuit d'un *arc de Duddell*. Mais le procédé, excellent pour réaliser la *syntonie*, devient médiocre pour la téléphonie, car le son propre de l'arc altère le timbre des sons transmis.

Dans l'emploi du détecteur électrolytique à la téléphonie, il convient d'en faire usage sans source auxiliaire. Le dispositif est à la vérité moins sensible, mais il est beaucoup plus régulier et enregistre très exactement les variations d'énergie qu'il reçoit. Le détecteur magnétique, dont les indications sont proportionnelles à l'amplitude (et non au carré) du courant serait sans doute encore plus avantageux, car on n'aurait à craindre aucune modification du timbre. Nous n'avons pas eu le loisir de faire des expériences de comparaison et nous ne sachons pas que de pareilles expériences aient été faites. C. Tissot.

Sur la production continue d'ondes pour la téléphonie sans fil, par A. BLONDEL (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — On a fait beaucoup de bruit, il y a quelque temps, autour de l'invention de M. Poulsen qui réalise une production continue d'ondes au moyen d'arcs entre cuivre et charbon dans l'hydrogène à basse tension (environ 500 volts).

C'est par erreur qu'on a attribué, à cette occasion, à M. Poulsen la paternité du principe de la production continue d'ondes hertziennes par courant continu et de leur application possible à la téléphonie sans fil.

Le document que je présente aujourd'hui, à savoir un brevet anglais (n° 15527) que j'ai déposé le 11 juillet 1902, prouve d'une manière indiscutable que ces deux principes m'appartiennent et je ne crois pas qu'ils aient été décrits par personne antérieurement.

La figure 1 [1] représente : en A, les ondes discontinues

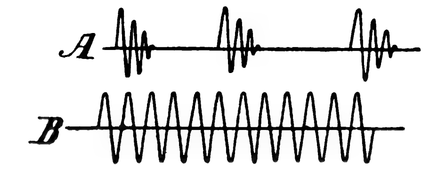




Fig. 1.

telles qu'on les produit au moyen d'une bobine; en B, les ondes telles que je me proposais de les produire dans un radiateur sous forme de courants à peu près sinusoïdaux ne présentant aucun intervalle. La figure 1, C, indique une des formes de courant en circuit oscillant qui permet d'obtenir sensiblement ce résultat.

Mon principe de montage des circuits producteurs

[1] Les figures données ici sont des reproductions photographiques de celles du brevet.



d'énergie est représenté par la figure 2 dans laquelle *e* est une source à haute tension (1000 volts et au delà), *a* le déflagrateur, *b* le condensateur, *c* une self-induction

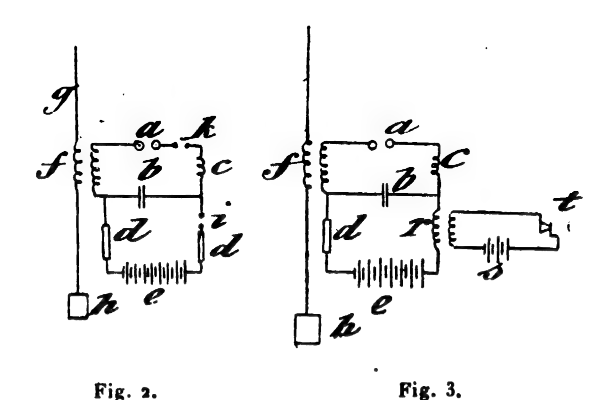


Fig. 2. Fig. 3.

éventuelle, *dd* les impédances intercalées dans le circuit qui se chargent d'un circuit oscillant, *i* l'interrupteur. J'ai montré qu'il est nécessaire, pour réaliser des ondes continues par ce procédé, d'employer comme déflagrateur *a* un appareil qui maintienne à la décharge son caractère disruptif et de régler l'afflux d'énergie par les impédances *d* de manière à empêcher la production de l'arc et à conserver à la décharge du condensateur *b* un caractère de décharge statique. J'ai imaginé ultérieurement divers déflagrateurs à caractère disruptif que je me réserve de faire connaître prochainement.

L'élément essentiel du dispositif réside dans le réglage de la décharge par les impédances *d*. C'est à tort en effet qu'on croit souvent que le phénomène de l'arc oscillant, dont ceci est une application, dépend uniquement de la composition du circuit oscillant proprement dit *abc*. En réalité, comme je l'ai montré avec détail dans une étude récente sur l'arc chantant à basse tension, ce sont la nature et la grandeur des impédances *d* du circuit d'alimentation qui jouent souvent le rôle principal; la rapidité de relèvement de la tension aux bornes du déflagrateur dépend en effet des conditions d'oscillation propre du circuit *edbd*.

J'ai indiqué dans le même brevet plusieurs dispositifs pour appliquer les ondes ainsi produites à la téléphonie sans fil. L'un d'eux consiste par exemple dans l'emploi des flammes chantantes servant à faire varier la conductibilité des gaz dans une lacune *k* (*fig.* 2) ménagée dans les conducteurs d'alimentation ou dans les conducteurs du circuit oscillant. La figure 3 (*fig.* 9 du brevet) indique un autre procédé dans lequel on fait varier une impédance *r* placée dans le circuit oscillant par le courant variable du circuit d'un microphone *t* comprenant un enroulement secondaire bobiné sur l'impédance et qui la neutralise plus ou moins. La figure 4 (*fig.* 10 du brevet) représente une autre disposition dans laquelle on fait parler un arc chantant A au moyen d'un dispositif bien connu de Simon, Ruhmer, etc.; les variations du courant dans l'arc parlant sont transmises par le transformateur *r* au circuit de charge comme dans la figure 3.

La plupart de ces dispositions de circuits ont été décrites plus récemment par différents auteurs en Allemagne ou en Angleterre; on voit qu'elles figuraient bien antérieurement dans mon brevet de 1902.

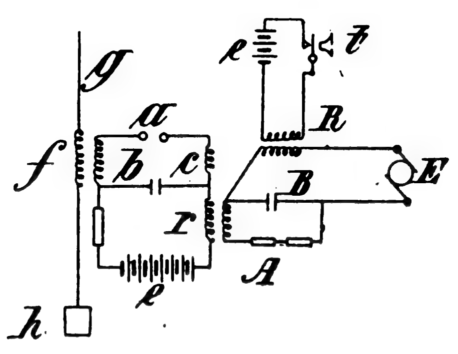


Fig. 4.

Différents motifs, en particulier des raisons de santé, m'ont retardé jusqu'ici dans la mise au point de ce système qui, à mon avis, est supérieur à celui de Poulsen parce qu'il permet de mettre en jeu une plus grande quantité d'énergie. La disposition de Poulsen ne fonctionne en effet qu'à basse tension et ne permet de mettre en jeu que quelques centaines de watts, tandis qu'avec des courants continus de 4000 à 10000 volts je peux lancer des ondes de plusieurs kilowatts. Le défaut du système, c'est même qu'on arrive par ce procédé à des dépenses d'énergie énormes à cause de la continuité de cette dépense, tandis que, dans les appareils ordinaires à bobines de Ruhmkorff ou à courants alternatifs, les décharges sont rares et la consommation moyenne d'énergie est beaucoup plus réduite. L'expérience seule pourra montrer si le bénéfice réalisé grâce à la syntonie parfaite qu'on peut obtenir par les ondes continues dépasse l'inconvénient résultant de cette dépense d'énergie.

Il ne faut pas, du reste, perdre de vue que la grande difficulté de ces systèmes réside dans le fait que la fréquence varie très vite avec le potentiel explosif du déflagrateur. J'ai montré en effet que, dans le régime d'arcs chantants discontinus qui paraît être celui qu'on réalise ici, la fréquence ne peut être maintenue par les seules propriétés du circuit oscillant. Les expériences que j'ai faites sur l'arc chantant de Poulsen m'ont montré que, malgré la présence de l'hydrogène, qui certainement joue le rôle essentiel pour l'obtention des hautes fréquences, la période varie constamment; c'est pour ce motif que le système n'a pas encore reçu d'applications pratiques malgré toute la réclame faite autour de lui.

Nouveaux dispositifs pour la production d'oscillations continues de haute fréquence au moyen de courant continu à haute tension, par A. BLONDEL (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — La disposition classique de l'arc chantant décrite par Duddell (*fig.* 1) ne s'applique pas bien au courant de haute tension, car il peut se produire une décharge directe de la dynamo D à travers l'arc A et,

d'autre part, la présence de la bobine de self-induction L gêne la décharge et la recharge rapides du condensateur C. Pour éviter ces inconvénients, j'ai imaginé

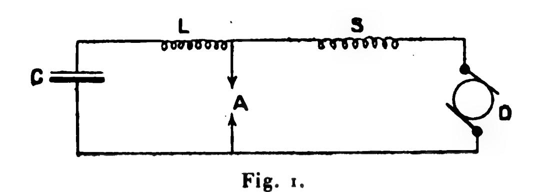


Fig. 1.

deux dispositifs que représentent les figures 2 et 3 et qui sont caractérisés tous les deux par l'emploi d'un grand condensateur régulateur K de forte capacité associé au condensateur C de faible capacité qui sert à alimenter l'exploseur A. Ce condensateur K est chargé directement par la dynamo D par l'intermédiaire d'une ou deux impédances S placées sur l'un ou l'autre des fils d'alimentation. Ces impédances peuvent être constituées soit par des résistances mortes, soit par des self-inductions, soit par les deux à la fois.

Dans le dispositif de la figure 2, le grand condensateur K, qui a une capacité au moins cinq fois plus grande

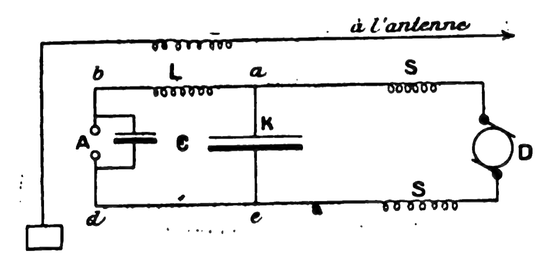


Fig. 2.

que le condensateur d'oscillation C, reçoit le courant de charge sous un débit limité par la présence des impédances S, et qui correspond seulement à la dépense d'énergie à entretenir dans l'étincelle oscillante de l'exploseur A. Celui-ci est shunté par le condensateur C et produit la décharge de ce condensateur aussitôt que le potentiel explosif est atteint. Ensuite, le condensateur C se recharge par l'intermédiaire de la self-induction L (il peut y avoir une self-induction L sur chaque fil ou seulement sur l'un des deux). La rapidité de la charge dépend de la période d'oscillation propre du circuit A*b*C*de*K*a* et elle est déterminée par la force électromotrice disponible aux bornes du condensateur K. La capacité de celui-ci peut être rendue presque négligeable dans le calcul de la période d'oscillation propre, puisqu'elle est très grande par rapport à celle du condensateur C.

D'autre part, les impédances S empêchent les oscillations du circuit oscillant de se faire sentir sur la dynamo. La présence du condensateur K contribue à ce résultat, parce que, s'il y a de la self-induction dans le circuit D*a*K*e*D, la période d'oscillation propre de ce circuit est d'autant plus longue que la capacité K est plus grande. En employant comme impédances S de grandes self-inductions, on allonge cette période autant qu'on le veut et, en ajoutant des résistances, on amortit les oscillations.

La disposition de l'exploseur A aux bornes mêmes du condensateur permet à celui-ci de se décharger instantanément et prend forcément un caractère oscillant qui peut entretenir l'arc.

Dans le dispositif de la figure 3, l'arc est encore évité

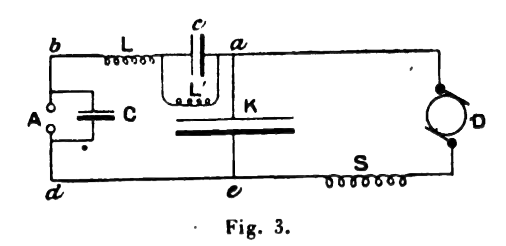


Fig. 3.

plus complètement, puisqu'il n'y a pas de communication directe de la dynamo avec l'exploseur A. Le circuit *abcde*K*a* est en effet coupé par un (ou plusieurs) condensateur *c*. La période d'oscillation de ce circuit est donnée par la même formule que ci-dessus; la self-induction L peut d'ailleurs être partagée entre les fils *ab* et *de*.

La figure 4 montre la disposition la plus symétrique qu'on peut obtenir à ce point de vue.

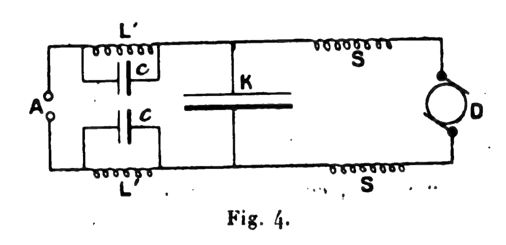


Fig. 4.

La disposition des figures 3 et 4 présente en courant continu des propriétés différentes de celles qu'elle aurait en courant alternatif, parce que, en courant alternatif, les condensateurs *c* laisseraient passer constamment un courant de même fréquence que la fréquence de la machine et pouvant entretenir en A un arc permanent, tandis que, quand on emploie du courant continu à haute tension, il ne peut pas traverser les condensateurs *c*, et ceux-ci ne laissent passer que les décharges oscillantes venant du condensateur K et se produisant dans l'exploseur A. Ces décharges tendent à prendre une période d'oscillation propre égale à celle du circuit *abcde*K.

Comme plus haut, les impédances S ont pour effet d'empêcher la propagation de ces oscillations jusqu'à la dynamo D et de régler le débit de celle-ci de manière à fournir au condensateur K juste l'énergie suffisante pour entretenir les oscillations.

On remarquera que ces dispositifs sont autorégulateurs, puisque, si les décharges en A sont trop énergiques, elles abaissent le potentiel moyen du condensateur K et tendent ainsi à s'affaiblir; au contraire, si

elles devenaient trop faibles ou trop fréquentes, le potentiel aux bornes du condensateur K irait en se relevant jusqu'à ce qu'il leur ait rendu leur intensité normale.

Pour que les étincelles en A soient bien régulières, il est avantageux de former l'exploseur d'un métal très peu volatil, notamment d'un des métaux suivants : tungstène, molybdène, titane, ou leurs alliages avec le fer, le cuivre ou tout autre métal. On peut naturellement employer aussi le platine ou les métaux de son groupe, mais leur prix est alors très élevé.

Il convient, en outre, de placer l'exploseur dans une atmosphère non oxydante (telle que l'hydrogène, l'azote, etc.) et de le refroidir énergiquement, par exemple en employant des électrodes creuses parcourues par un courant d'eau ou d'un liquide, ou d'un gaz refroidi. On peut aussi avec avantage donner aux électrodes un rapide mouvement de déplacement, par exemple les former de deux cylindres tournants de façon que l'arc ne jaillisse jamais longtemps de suite sur les mêmes génératrices.

Enfin, on peut combiner, avec ce dispositif, l'emploi d'un champ magnétique souffleur comme on en emploie depuis longtemps pour empêcher l'arc de persister dans les exploseurs; il est inutile de décrire ici ces dispositifs bien connus.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : BALDING. USAP. 856837, 12 mars 1906 (perforateur pour bandes télégraphiques). — BARONTO. BF. 376933, 25 janv. 1907 (télégraphie électrique perfectionnée). — BELLOWS. USAP. 855085, 9 juil. 1906 (manipulateur). — BERGLUND, HJORTH et LJUNGMAN. BP. 22879, 1906. — BROWN. BP. 12500, 1906. — BURRY. USAP. 854401, 21 juil. 1904 (transmetteur). — CEREBOTANI. DRP. 187148, 2 oct. 1906 (télégraphe imprimant). — DELANY. BP. 17130, 1906. — KITSEE. BF. 376510, 6 avril 1907 (transformation de ligne simplex en ligne duplex). — LEISER. USAP. 833536, 15 fév. 1906 (transmetteur). — MAICHE. BF. 376100, 30 mai 1906 (système de communication télégraphique). — ROGERS. USAP. 858216, 13 déc. 1904 (répétiteur télégraphique). — SCIPLE. USAP. 855138, (support pour fils télégraphiques et téléphoniques). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 187099, et 187453, 23 mars 1906 et 27 sept. 1905 (câbles sous-marins avec isolant hygroscopique). — WOLTERS. USAP. 856501, 5 déc. 1906 (transmetteur à clef). — *Télégraphie sans fil :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 186777, 24 juil. 1906 (dispositif pour déceler les oscillations électriques). — ARTOM. BP. 19805, 1906 (récepteurs de télégraphie sans fil). — CABOT. BF. 375462, 375463 et 375464, 8 mars 1907 (système de télégraphie avec fil et sans fil); 375602, 11 mars 1907 (véhicule avec antenne démontable pour station radio-télégraphique); USAP. 858569, 5 nov. 1906 (télégraphie sans fil). — DUNWOODY. BF. 375734, 15 mars 1907 (système de télégraphie sans fil). — FESSENDEN. DRP. 186795, 4 juil. 1905 (antenne pour ondes électromagnétiques). — DE FOREST. BF. 376601. 13 fév. 1907 (perfectionnement dans la télégraphie sans fil). — DE FOREST WIRELESS TELEGRAPH. BP. 19881, 1906. — GESELLSCHAFT FUR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE. BF. 376263, 30 mars 1907 (récepteur). — HEINICKE. DRP. 187902, 17 avril 1904 (dispositif pour obtenir des ondes électriques). — HEWITT. USAP. 856149, 7 mars 1904 (antenne); 856150, 20 janv. 1904 (production d'ondes électriques). — MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH C°. DRP. 187944 et 187945, 17 fév. 1906 (antenne transmettrice horizontale et antenne réceptrice verticale). — MASSIE. USAP. 853929. 4 nov. 1905. — MUIRHEAD. BP. 14060, 1906. — PEDERSEN. USAP. 858668, 28 juin 1906 (récepteur pour ondes électriques).

Téléphonie : AKTIEBOLAGET NAUTISKA INSTRUMENT. DRP. 186363, 23 mars 1906 (télégraphe-téléphone avertisseur portatif). — AUTOMATIC ELECTRIC C°. BF. 374988, 28 janv 1907 (système téléphonique). — AVEN. USAP. 851792, 1er nov. 1904 (système téléphonique). — BLACK. USAP. 850558, 6 mars 1907 (fixation du récepteur sur le transmetteur). — BURKE. USAP. 853002, 14 oct. 1905 (jacks réunis ensemble et à une ligne simple). — CLEMENT. USAP. 850344, 20 mars 1905 (système téléphonique). — CSANYI. USAP. 851655, 28 juin 1906 (pavillon pour transmetteur). — DEAN. USAP. 850470, 851500 et 851803, 16, 12 et 14 juillet 1902 (système téléphonique). — DEUTSCHE TELEPHONWERKE. DRP. 186366, 186379 et 186380, 11 juillet 1906, 6 avril et 18 mai 1905 (avertisseur pour téléphones et postes téléphoniques). — ERICKSON. USAP. 851410, 21 oct. 1904 (commutateur). — FERRIÉ. DRP. 186368, 23 nov. 1906 (régulation de la self-induction d'un circuit parcouru par des courants de haute fréquence). — FRANK. USAP. 852711 et 852712, 14 août 1906 (bobine pour téléphone). — GRAHAM. BP. 1714, 1906 (téléphone). — HOBBY. USAP. 850886, 14 mai 1906 (support pour téléphone). — HOLLAND. USAP. 851090, 8 juin 1903 (compteur pour téléphone). — HOUGHTON. USAP. 851355, 7 mars 1907 (transmetteur). — HOUGHTON et POTTER. BP. 28227, 1906 (téléphone). — HULIT. USAP. 850837, 13 juillet 1905 (appel sélectif). — KELLOG SWITCHBOARD et SUPPLY (Société). BF. 375220, 21 janv. 1907 (appareil pour systèmes téléphoniques). — KOHN. USAP. 850433, 24 oct. 1906 (système téléphonique). — LAING. USAP. 848378 (appareil pour lignes téléphoniques à taxe). — LARSSON. USAP. 851761, 22 mai 1906 (dispositif téléphonique). — LATTIG et GOODRUM. USAP. 851948, 4 avril 1903 (système téléphonique). — MERK. BF. 374765, 29 déc. 1906 (système de communications des lignes dans les bureaux autotéléphoniques). — MOUNT. USAP. 851994, 19 sept. 1903 (commutateur). — MURDOCK. USAP. 853186 (dispositif pour renforcer les parties fragiles d'un téléphone au moyen de substances fibreuses). — NEWMAN. USAP. 850484, 15 juin 1906 (relais avec partie vibrante faisant varier la résistance d'un circuit répétiteur). — NORSTROM. USAP. 852675, 6 avril 1901 (bureau téléphonique); 852575, 4 oct. 1901 (système téléphonique). — QUARRIE (MAC). USAP. 850311, 2 oct. 1905 (annonciateur). — RICHEY. USAP. 853118 (support pour récepteur). — ROBERTS. USAP. 851031, 851838 et 852523, 4 nov. 1905, 13 et 5 fév. 1906 (fiche téléphonique et système téléphonique automatique). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 186565, 12 mai 1906 (dispositif pour réseau téléphonique privé). — SKELLEY. USAP. 852081 (support pour téléphone). — SCHMIDT et REINOHL. USAP. 852806, 5 sept. 1906 (verrou condamnant le récepteur remis à son crochet). — STAKES. USAP. 852743 et 852744 (appareil enregistrant des appels téléphoniques). — STONE. BP. 9788, 1906 (téléphone). — STROMBERG-CARLSON MANUFACTURING C°. BP. 10549, 1906 (commutateur); 10554, 1906 (tableau de distribution pour téléphones); 10558, 1906 (boîte pour téléphones); 10558, 10565, 10580, 10598, 10599, 10500, 10501, 1906 (systèmes de téléphones). — VOLLMER. USAP. 851458, 22 nov. 1906 (le circuit d'appel contrôlé par un mouvement d'horlogerie). — WESTERN ELECTRIC C°. BP. 13050, 1906 (tableau de distribution pour téléphones). — WICKS et KAY (MAC). USAP. 852004, 30 août 1905 (commutateur automatique). — ZWIETUSCH et C°. DRP. 186327, 9 août 1906 (fixation de la membrane téléphonique).

3...

ÉCLAIRAGE.

GÉNÉRALITÉS.

Transformation de l'énergie en rayonnement lumineux, par CH.-ED. GUILLAUME, du Bureau international des Poids et Mesures de Sèvres (Rapport présenté au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences). — RADIATEUR INTÉGRAL. — Aussi longtemps que l'on chercha les lois générales du rayonnement par l'étude de l'émission des corps réels, on poursuivit un problème insoluble. Il n'existe pas de lois de l'émission s'appliquant à tous les corps, et même celles qui conviennent à un seul corps, quel qu'il soit, sont d'une extrême complication. Une simplicité relative dans les lois du rayonnement n'a pu être découverte que lorsqu'on eut substitué, aux corps réels, un radiateur théoriquement défini, indépendamment des propriétés particulières de toutes les surfaces. Poisson en avait déjà indiqué le principe, mais ce fut Kirchhoff qui, dans un Mémoire de l'année 1861, montra toute la fécondité de cette conception.

On peut imaginer un corps absorbant toutes les radiations qui le frappent. Il devra les émettre toutes en égale quantité, car, dans le cas contraire, sa température pourrait monter au-dessus de celle des sources desquelles le rayonnement lui arrive. Une enceinte fermée isotherme, à l'intérieur de laquelle le rayonnement a atteint l'état d'équilibre, remplit cette condition, comme on le démontre facilement. Si cette enceinte est percée d'une petite ouverture, et si, d'autre part, ses parois ne sont pas très réfléchissantes, cette petite ouverture possède, pour un observateur extérieur, les mêmes propriétés, dans les limites de la pratique. Toute radiation frappant l'ouverture est complètement absorbée par l'enceinte et le rayonnement qui s'en échappe est pratiquement semblable au rayonnement intérieur, lorsque l'enveloppe était complètement fermée.

Puisque l'ouverture absorbe toute radiation qui la traverse, de l'extérieur vers l'intérieur, elle possède le maximum possible du pouvoir absorbant; et, en conformité avec le principe de réciprocité, elle émet le maximum du rayonnement qu'un corps de même température puisse dégager.

Pour rappeler cette propriété essentielle du radiateur constitué par la petite ouverture percée dans une enceinte isotherme, nous la nommerons un *radiateur intégral*.

C'est ce radiateur, dont les propriétés sont indépendantes de celles des parois de l'enceinte, à la condition qu'elles ne soient pas très réfléchissantes, qui constitue la surface d'émission théorique à laquelle le rayonnement de tous les autres corps devra être rapporté, et dont l'étude s'impose tout d'abord.

Ces propriétés ont pu être établies sur des données purement thermodynamiques. L'expérience a brillamment confirmé les conséquences du raisonnement. En voici les résultats principaux :

La puissance totale du rayonnement est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue (loi de Stefan-Boltzmann).

Lorsque la température s'élève, le rayonnement correspondant à une longueur d'onde quelconque du spectre augmente. Mais la proportion d'accroissement de la puissance d'une radiation est d'autant plus grande que sa longueur d'onde est plus faible. Représentée en fonction des longueurs d'onde elles-mêmes, la fonction de la puissance du rayonnement part de zéro et y revient, en passant par un seul maximum (lois de Curie).

L'abscisse de ce maximum est dans le spectre normal (en longueurs d'onde) inversement proportionnelle à la température absolue, son ordonnée est proportionnelle à la cinquième puissance de la température absolue (lois de Wien).

Ces diverses lois se déduisent, par intégration ou par différentiation, de la fonction suivante (loi de Planck):

$$f(\lambda, \Theta) = C \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda\Theta}} - 1}.$$

RENDEMENT LUMINEUX. — Au point de vue de l'utilisation des radiations, le rendement lumineux d'une source est d'une extrême importance. On peut le définir comme étant le rapport de la puissance contenue dans les radiations visibles à la puissance totale des radiations émises.

Cette définition, classique cependant, est peu satisfaisante. En effet, les diverses radiations du spectre sont loin d'avoir, pour l'éclairage, la même valeur à puissance égale. Les plus avantageuses pour la vision sont celles de la partie moyenne du spectre visible, dans la région limite entre le jaune et le vert. A puissance égale, les radiations violettes ou rouges ont une beaucoup moindre valeur, et il est incorrect de les faire intervenir à égalité au numérateur de l'expression du rendement.

De plus, la limite de sensibilité de l'œil est très difficile à tracer, elle varie d'un œil à un autre, et, comme, pour la plupart des radiateurs, et notamment pour le radiateur intégral, à la température de toutes les sources terrestres, la courbe de puissance du rayonnement est, dans le rouge, au voisinage de son plus grand accroissement en fonction de la longueur d'onde, un très petit déplacement de la limite modifie considérablement le numérateur. La valeur du rendement ainsi calculée est donc très incertaine.

Il est beaucoup plus correct d'attribuer, à chaque lumière, un coefficient proportionnel à la sensibilité

d'un œil normal, en attribuant le coefficient 1 à la radiation la plus avantageuse. Le rendement ainsi calculé est naturellement très inférieur à celui que donne la première formule, mais les nombres obtenus sont beaucoup plus comparables.

Les indications données précédemment montrent que, pour le radiateur intégral, le rendement doit augmenter en même temps que la température s'élève, au moins jusqu'à une limite très élevée.

Corps réels. — Chaque corps possède, ainsi qu'il a été dit, une loi d'émission particulière, que l'expérience seule peut révéler. Toutefois, ces lois sont plus ou moins complexes. Certains corps possèdent un spectre d'émission absolument discontinu, composé de bandes plus ou moins larges, entre lesquelles se trouvent des espaces de rayonnement pratiquement nul. Dans ces espaces, les corps sont ou très réfléchissants ou très transparents. N'absorbant aucun rayonnement, ils n'en émettent aucun. La position et la largeur des bandes d'émission varient considérablement avec la température.

D'autres corps sont presque complètement opaques sous de faibles épaisseurs, et leur pouvoir réfléchissant est une fonction continue de la longueur d'onde. Tel est le cas de la plupart des métaux. Ces corps ont, par conséquent, une fonction émissive également très régulière.

Pour les premiers de ces corps, le rendement lumineux peut varier, pour une même température, entre de très larges limites, suivant leur pouvoir émissif dans le spectre visible et dans les autres régions du spectre. Le quartz vitreux, par exemple, possède, jusqu'à une température élevée, un rendement lumineux nul, parce que tout son rayonnement se produit hors du spectre visible. A une température très élevée seulement, sa nature se modifie, et il commence à émettre une vive lumière.

Pour les métaux, le pouvoir réfléchissant augmente en même temps que la longueur d'onde. Pour certains d'entre eux, il atteint une valeur très voisine de l'unité à une faible distance du spectre visible. A partir de cette région, l'énergie rayonnée en pure perte pour l'éclairage est négligeable.

Autrefois, on tentait de définir le pouvoir émissif de chaque corps par un seul nombre. Ce qui vient d'être dit montre que le problème ne peut pas comporter une solution aussi simple. Le rayonnement d'un corps doit être établi pour chaque température, en fonction de toutes les longueurs d'onde. Le rapport des ordonnées de chacune des courbes ainsi tracées à celles de la courbe relative au radiateur intégral est la courbe du pouvoir émissif du corps considéré, à la température de l'expérience.

En pratique, le problème se simplifie par le fait qu'en général le pouvoir émissif, relatif à une longueur d'onde donnée, varie peu avec la température, et qu'une courbe de pouvoir émissif en fonction des longueurs d'onde s'applique suffisamment à un large intervalle de températures. Ou, plus généralement, la variation est, pour un domaine étendu, une fonction continue et peu variable de la température.

Un radiateur avantageux pour l'éclairage possédera, dans la région visible du spectre, et notamment dans sa partie centrale, un pouvoir émissif aussi voisin que possible de l'unité, et, en dehors du spectre infra-rouge, un pouvoir émissif aussi faible que possible.

Comme pour le radiateur intégral, le rendement lumineux d'un radiateur quelconque augmentera, en général, en même temps que s'élèvera sa température. Tel serait toujours le cas, au moins pour des températures ne dépassant pas 6000° à 7000°, si le pouvoir émissif de tout radiateur était indépendant de la température. Mais certaines transformations pourraient imposer une limite beaucoup plus basse à ce renversement dans la progression du rendement. Toutefois, des exceptions ne semblent pas être connues.

Les conditions que doit remplir un luminaire avantageux sont donc essentiellement les suivantes : posséder un pouvoir émissif défini comme il vient d'être dit, et supporter une température très élevée sans se désagréger.

Métaux. — Le pouvoir émissif et le pouvoir réfléchissant des métaux ont donné lieu à des travaux importants, au premier rang desquels on peut citer ceux de MM. Hagen et Rubens. Voici, pour les températures ordinaires, les valeurs du pouvoir émissif en centièmes en divers points de l'infra-rouge.

	$\lambda = 4^{\mu}$.	8^{μ}.	12^{μ}.
Argent	2	1	1
Cuivre	3	1	2
Or	3	3	2
Platine	8	5	3
Nickel	8	5	4
Fer	12	7	5

Le pouvoir émissif au milieu du spectre visible est d'environ 5 pour l'argent, 35 pour le platine, 45 pour le fer. Ainsi, ces trois métaux seraient, au point de vue du rendement, des radiateurs à peu près équivalents. Mais ici la question de température de fusion est décisive. Le platine est le seul des trois dont il saurait être question pour cet usage. On a tenté, en effet, de l'employer dans les débuts de l'éclairage par incandescence électrique, mais on y a bientôt renoncé en raison de la facilité de sa volatilisation, ainsi que de son point de fusion encore trop bas. Le charbon, qui lui a été substitué au bout de très peu de temps, possède un rendement moindre à température égale, parce que son rayonnement est plus voisin de celui du radiateur intégral. Mais il supporte une température plus élevée sans se désagréger. En graphitant le charbon, on lui confère l'éclat métallique, et, tout en diminuant son pouvoir émissif, on augmente son rendement.

L'emploi du tantale et du tungstène, dont la température de fusion est voisine de 3000° (déterminations de MM. Waidner et Burgess) (1), a permis, par l'emploi de métaux à de très hautes températures comme radiateurs, de bénéficier à la fois des qualités du charbon et de celles du platine.

(1) *La Revue électrique*, t. VIII, 15 juillet 1907, p. 27.



La régularité de la variation du pouvoir émissif du platine avec la longueur d'onde permet d'appliquer une règle simple à la détermination de sa puissance de rayonnement pour toutes les longueurs d'onde, en fonction du rayonnement du radiateur intégral. On peut dire, en pratique, que le rayonnement du platine à une température donnée est semblable à celui du radiateur intégral dont la température est égale à 1,12 de celle du platine.

Oxydes. — Une expérience exécutée par M. Violle, en 1893, et bientôt répétée par M. Ch.-St. John, a montré, contrairement à une opinion très répandue, que les oxydes métalliques, placés dans une enceinte fermée isotherme, ne se détachent pas visiblement des parois de l'enceinte. Leur pouvoir émissif n'est donc pas supérieur à celui du radiateur intégral, comme on le pensait. Mais plusieurs d'entre eux possèdent un pouvoir émissif très élevé, et qui, en diverses régions du spectre, est voisin de l'unité.

Au point de vue de l'éclairage, aucune combinaison connue n'est plus avantageuse que celle qu'a réalisée Auer von Welsbach, et qui est le mélange intime, par dissolution solide, d'oxyde de thorium avec 1 pour 100 d'oxyde de cérium.

Le pouvoir émissif de ce mélange, étudié par MM. H. Le Chatelier et O. Boudouard, puis d'une façon beaucoup plus complète par M. Rubens, est représenté par une courbe dont l'ordonnée, très voisine de 0,9 dans la partie moyenne du spectre, baisse rapidement lorsque la longueur d'onde augmente, tombe à 1 pour 100 environ pour toute la région du spectre entourant le maximum dans le rayonnement du radiateur intégral, puis se relève pour des longueurs d'onde supérieures à 5μ.

Valeurs numériques. — Si l'on calcule le rendement photogénique des sources ordinaires de lumière par le second procédé indiqué ci-dessus, en tenant compte de la courbe de sensibilité de l'œil, on arrive à des nombres extrêmement petits. Pour des radiateurs voisins du radiateur intégral, tels que la lampe à incandescence ou le brûleur à gaz ordinaire, ces nombres sont de l'ordre de 3 à 5 pour 1000. Ils sont incomparablement plus élevés pour les brûleurs à incandescence par le gaz, qui utilisent un pouvoir émissif beaucoup mieux réparti, ou pour les lampes à incandescence à filament métallique.

La loi de Stefan-Boltzmann, qui établit la relation entre la puissance rayonnée par le radiateur intégral et sa température, n'indique encore rien sur la fonction de la température qui représente son éclat visuel. Il est nécessaire, en outre, de tenir compte du déplacement du maximum vers les courtes longueurs d'onde et des qualités de notre œil.

L'éclat augmente, en fonction de la température, avec une rapidité extrême. En calculant des expériences de M. Lummer, j'ai pu proposer les deux formules suivantes relatives au platine, et qui peuvent avoir une certaine valeur pratique :

$$\text{Puissance} = A\theta^3(\theta - 650)^7,$$
$$\text{Rendement} = B\theta^{-1}(\theta - 650)^7.$$

ARC ÉLECTRIQUE.

Sur l'arc électrique au point de vue de la production de la lumière, par A. BLONDEL (Rapport présenté au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — Les propriétés de l'arc électrique ont été beaucoup étudiées depuis quelques années, sous l'influence des théories de l'ionisation; celles-ci ont renouvelé complètement le sujet et ont appris à tirer de l'arc électrique les applications nouvelles, qui ont entraîné des progrès très importants dans la production de la lumière électrique par arc.

On ne connaissait, autrefois, pratiquement qu'un seul arc électrique, l'arc entre charbons purs, qui n'avait guère été modifié depuis l'époque de Davy, bien qu'en 1881, Carré, Gauduin et Archereau aient reconnu l'augmentation de lumière produite par l'addition de sels alcalino-terreux.

La découverte de l'arc au mercure par Arons, suivie des recherches d'habiles expérimentateurs tels que Cooper-Hewitt, Weintraub, etc., a montré qu'il n'est pas besoin d'une température très élevée pour obtenir un bon rendement lumineux, et a mis en évidence le rôle très important de la cathode dans le phénomène de l'arc, et plus généralement l'importance du mécanisme intime de l'arc électrique sur la production de la lumière. Depuis cette époque on a cherché à utiliser d'autres métaux que le mercure, en les vaporisant soit à l'air libre, soit dans le vide.

D'autre part, on a recommencé avec plus de succès à incorporer des vapeurs métalliques dans l'arc au charbon, soit en ajoutant dans des électrodes en charbon des substances minérales appropriées, soit en utilisant directement comme électrodes des oxydes ou des métaux.

Classification des arcs employés industriellement a la production de la lumière. — De tout cet ensemble de recherches dont il serait trop long de faire l'historique, que j'ai exposé ailleurs en détail (1), sont nées en définitive plusieurs catégories d'arcs électriques industriels applicables à la production de la lumière :

1° Arc entre métaux dans le vide, dont le type est l'arc au mercure.

2° L'arc entre métaux, ou entre métal et charbon dans l'air, dont le type principal est l'arc au titane.

3° L'arc entre oxydes ou composés métalliques purs, dont le type est l'arc de Rach entre bâtonnets de zircone ou d'oxyde des terres rares.

4° L'arc entre électrodes mixtes formées de charbon mélangé de substances minérales, dont le type primitif est celui de Carré, Gauduin et Archereau, repris et perfectionné par Bremer.

Tous ces arcs nouveaux se différencient essentiellement de l'arc entre charbons par le fait que les vapeurs constituant l'arc proprement dit sont très lumineuses par elles-mêmes et jouent un rôle soit prépondérant, soit au moins très important dans la production de la

(1) *Congrès international de Saint-Louis*, 1904 (publié dans l'*Eclairage électrique*, février 1907); et *Bulletin de la Société Internationale des Electriciens*, mars-avril 1907.



lumière; tandis que, dans l'arc au charbon ordinaire, les électrodes et surtout l'anode atteignent un vif éclat et produisent à elles seules presque toute la lumière sans que l'arc proprement dit soit sensiblement éclairant. Dans les arcs entre métaux, les électrodes ne sont brillantes que sur des surfaces très petites et avec un éclat bien inférieur à celui du cratère d'un charbon; l'arc brillant est très allongé. Il en est de même avec les charbons imprégnés de substances minérales, mais les électrodes présentent des surfaces éclairées très brillantes quoique de petites dimensions et qui jouent un rôle très important dans la production de la lumière. Enfin les oxydes métalliques employés purs, à condition qu'ils soient rendus conducteurs par un chauffage préalable, donnent lieu à des arcs très brillants mais courts; ils sont très difficiles à réaliser, parce qu'il faut amener le courant près des extrémités des électrodes très résistantes, et empêcher celles-ci de fondre; il ne semble pas que ces difficultés aient été jusqu'ici résolues d'une manière suffisante pour les applications industrielles.

Les autres catégories peuvent se ramener à deux classes : les arcs dans le vide et les arcs dans l'air, dits arcs à flammes; plus scientifiquement, on pourrait les appeler des arcs à vapeurs lumineuses dans l'air.

Ces sources de lumière présentent des propriétés très intéressantes, et qui ne sont encore qu'imparfaitement élucidées.

Origine de la lumière dans les arcs a vapeurs lumineuses. — La lumière est produite dans les arcs par deux mécanismes très différents : l'incandescence et la luminescence. L'incandescence se produit à la surface des électrodes; elle se produit même dans l'arc quand on ajoute des substances minérales aux électrodes en charbon. Ceci résulte du fait que ces substances minérales sont vaporisées en proportion bien plus forte que l'exigerait le passage du courant par transport des ions; on le reconnaît par exemple quand on fait varier la proportion des substances minérales : on rencontre aux environs de 20 pour 100 par exemple avec le fluorure de calcium un maximum de conductibilité de l'arc (signalé par une longueur maximum de l'arc pour un même voltage). L'augmentation des substances minérales au delà de cette limite réduit la conductibilité, ce qui s'explique parce que les molécules neutres gênent le passage des ions. Ces molécules neutres sont portées à l'incandescence par le choc des ions.

Il y a, au contraire, luminescence, c'est-à-dire oscillation libre des ions dans les flammes très éclairantes à basse température, telles que l'arc au mercure.

Les deux phénomènes paraissent coexister dans les arcs à flamme.

Augmentation de l'effet utile des arcs. — D'après ce qui précède, on doit donc chercher, pour améliorer le rendement des arcs électriques, à augmenter suivant les cas soit l'incandescence, soit la luminescence.

Dans le premier cas on peut chercher soit à accroître la température des corps incandescents, soit à leur faire émettre des radiations plus favorables. D'après les lois aujourd'hui bien connues de la radiation, le rendement d'un corps noir tel que le carbone est limité par la température maxima qu'on peut atteindre, soit environ 3500° au cratère; les autres corps qui pourraient donner lieu à une loi d'émission plus favorable (et encore pas beaucoup plus favorable si l'on en juge par les lois de radiation du platine) ne peuvent être amenés qu'à des températures bien inférieures, limitées par l'électro-vaporisation, c'est-à-dire la production des vapeurs chargées d'électricité à la surface de l'électrode, à la température qui est toujours inférieure à celle de l'ébullition proprement dite.

On est donc conduit fatalement à rechercher plutôt l'incandescence des corps blancs ou analogues présentant une loi de radiation plus avantageuse que celle de Plank, et c'est ce qui justifie l'addition dans les charbons de substances minérales telles que les sels de calcium, magnésium, barium, cérium, etc.

Mais il faut avoir soin de tenir compte de la loi de déplacement de Wien. Les sels qui ont une température basse donnent une radiation très avantageuse, par exemple le mélange de thorium-cérium du bec Auer ne donne à la température de l'arc électrique que des rayons beaucoup plus réfrangibles, et par suite peu éclairants. Il en est de même des sels de magnésium. Au contraire, les sels de calcium, strontium, baryum, cérium, etc., qui à la température du gaz oxyhydrique donnent une teinte rougeâtre, présentent dans l'arc une radiation avantageuse, concentrée surtout dans le rouge du spectre le plus favorable au point de vue physiologique, c'est-à-dire aux environs de $0^{\mu},55$.

D'autre part, pour tirer le meilleur parti de la luminescence, il n'y a pas d'autre moyen que de chercher empiriquement les substances vaporisables qui soient facilement ionisables et présentent le spectre le plus avantageux, avec une résultante voisine de la lumière du jour. Malheureusement les vapeurs des métaux donnent des spectres surtout riches en rayons bleus, violets et ultra-violets, ce qui limite le choix à un petit nombre de métaux.

Ce choix est particulièrement difficile pour l'arc dans le vide, qui exige des électrodes très fusibles : le mercure seul peut être amené à l'ébullition et à la luminescence dans un simple tube de verre. Mais, en remplaçant le verre par le quartz fondu, MM. Stark et Kuch ont pu employer aussi, quoique moins facilement, le plomb, le bismuth, l'étain, l'antimoine, le sodium, etc. Il faut dans ce cas chauffer préalablement le tube et le métal pour allumer l'arc, puis ensuite refroidir les électrodes pour éviter un échauffement excessif en régime, ce qui empêche jusqu'à présent l'emploi industriel d'une pareille lampe. Les spectres des arcs lumineux sont formés de raies brillantes surtout intenses au voisinage de la cathode, avec quelques bandes; les premières sont attribuées par M. Stark aux oscillations propres des ions; les secondes à la radiation de l'énergie potentielle provenant de la combinaison des ions.

Dans les arcs à flamme formés d'électrodes additionnées de substances minérales, le spectre de luminescence est d'autant plus développé que le degré d'ionisation dans la flamme est plus élevé; et plus aussi le spectre tend alors vers celui des métaux composants. Pour ce motif, les sels alcalins très ionisables donnent la



teinte de leur base, mais non les sels alcalino-terreux. Le fluorure de calcium qui est employé principalement dans ces charbons donne sensiblement la teinte rosée de la chaux quand il est en petite quantité et par suite presque complètement ionisé; tandis qu'à forte dose il donne lieu surtout à un spectre d'incandescence blanc jaunâtre. Plus l'arc est court et de grande intensité, plus l'incandescence tend à prédominer sur la luminescence.

Influence du mécanisme propre de l'arc sur les propriétés lumineuses des arcs-flamme. — On voit d'après ce qui précède que les causes de la production de la lumière peuvent être notablement différentes depuis la composition de la vapeur lumineuse; elle varie également beaucoup suivant que cette vapeur lumineuse est produite à l'anode ou à la cathode.

On croyait autrefois que la vapeur conductrice de l'arc provenait de l'anode. On sait aujourd'hui au contraire que l'électro-vaporisation de la cathode est la condition nécessaire de l'entretien d'un arc; c'est de là que résulte l'impossibilité de faire passer un courant alternatif entre charbon et métal refroidi ([1]) et l'impossibilité d'entretenir un arc à courant continu entre une anode chaude et une cathode froide, tandis que le passage de l'arc en sens inverse est possible ([2]).

Mais le choc des électrons cathodiques contre l'anode suffit à porter celle-ci à l'incandescence et à déterminer une électro-vaporisation toutes les fois qu'elle n'est pas refroidie artificiellement.

On peut donc à volonté entretenir des arcs présentant les phénomènes de vaporisation (c'est-à-dire la projection d'ions libres par une production incandescente), soit seulement à la cathode, soit aux deux électrodes à la fois; la recombinaison des ions pouvant avoir lieu soit près de la surface d'une des électrodes, soit à la rencontre des deux flux d'ions projetés (dans les arcs entre charbons minéralisés, ces deux flux sont très visibles sous forme de panaches lumineux). L'expérience nous démontre, d'une manière purement empirique d'ailleurs, que certains métaux donnent lieu à une plus belle luminescence quand ils forment la cathode que quand ils forment l'anode; c'est le cas, en particulier, de la série du fer, tungstène, titane, etc.; pour ce motif, ils sont employés pour former l'électrode négative des lampes dites *à arc métallique à l'air libre;* leur rendement est si faible quand on les emploie comme anode, qu'on est amené à utiliser dans ces lampes des anodes en charbon ou en un métal non éclairant, tel que le cuivre.

Dans ce dernier cas, il n'y a pas d'incandescence de l'anode. Elle ne joue aucun rôle éclairant. L'anode en charbon pur serait avantageuse pour le rendement si elle ne faisait disparaître l'avantage principal de cette lampe qui est sa longue durée; c'est pourquoi on préfère le cuivre.

Au contraire, les métaux de la série du calcium donnent un spectre de luminescence avantageux aussi bien à l'anode qu'à la cathode; et comme, d'autre part, leur incandescence dans l'arc est très brillante, il y a avantage à minéraliser l'anode ou profiter de la haute température de celle-ci pour produire des surfaces incandescentes très brillantes et des arcs à la fois incandescents et luminescents. Il y a avantage également, au point de vue théorique, à minéraliser la cathode; mais on est arrêté dans cette voie par la production des scories trop abondantes, de sorte qu'en général il est plus avantageux de minéraliser seulement l'anode.

Dans l'arc au mercure dans le vide, les choses se présentent un peu différemment; il y a un point d'émission très lumineux à la surface cathodique, d'où jaillit le flux cathodique; celui-ci vient ioniser par choc la vapeur de mercure située en avant et qui forme une partie de la colonne de lumière anodique; l'expérience a démontré que, si on laisse se vaporiser l'anode, celle-ci donne une lumière très brillante, mais la colonne de vapeur devient beaucoup plus résistante par suite de la pression plus considérable, et, tous comptes faits, si la quantité de lumière obtenue est plus grande, le rendement est moins bon que si l'on supprime l'électro-vaporisation anodique. C'est pourquoi, en pratique, on préfère éviter celle-ci en employant une anode en charbon ou en métal ne se vaporisant pas à la température d'emploi; la lampe au mercure réalise donc un arc à une seule électrode électro-vaporisée, tandis qu'il y en a deux dans tous les autres arcs luminescents. Les arcs dans le vide (produit par pompes à mercure de Stark et Kuch) ([1]), formés au moyen du plomb, étain, etc., jouissent de propriétés différentes; il y a électro-vaporisation de la cathode, mais les ions cathodiques se condensent à faible distance après avoir ionisé par choc la colonne anodique formée de vapeurs de mercure qu'on ne peut éliminer et qui devient luminescente et joue finalement le rôle principal.

L'impossibilité de rallumer un arc sur cathode non incandescente est telle qu'on ne peut employer sur courant alternatif les électrodes métalliques, comme l'a depuis si longtemps signalé Arons. Elle est presque aussi grande avec les oxydes de la famille du fer et du titane. On n'a donc pas pu réaliser de lampes à courant alternatif industrielles utilisant le titane à l'état d'oxyde, et il faut recourir à un redressement du courant en courant continu. Pour l'arc au mercure, le redressement a pu se faire dans la lampe elle-même, suivant l'artifice bien connu de Cooper Hewitt, et encore préfère-t-on bien souvent placer le redresseur en dehors. Ces difficultés ne se présentent pas pour les arcs en charbon mélangé de matières minérales, qui fonctionnent très bien sur les courants alternatifs et avec des rendements comparables à ceux des arcs à courant continu, contrairement à ce qui se produit avec les arcs en charbon pur, dont le rendement sur courants alternatifs n'est guère que la moitié de celui sur courant continu.

Les diverses espèces d'arcs utilisés industriellement. — En définitive, il existe actuellement trois espèces d'arcs à vapeurs lumineuses employées indus-

([1]) C.-F.-A. Blondel, *Revue générale des Sciences*, 30 juillet 1901, p. 656; Mitkiévitz, *Physik. Zeitschrift*, 1903.
([2]) C.-F. Stazk et Cassuto, *Physik. Zeitschrift*, 1904.

([1]) *Physik. Zeits.*, 15 juillet 1905.



triellement pour la production de la lumière et qui sont, d'après leur ordre d'importance actuelle :

1° Les arcs à flamme à charbons minéralisés;

2° Les arcs dits *métalliques;*

3° Les arcs dans le vide.

Nous y joindrons : 4° Les arcs longs au carbone pur présentant une flamme lumineuse.

1° *Arcs à flamme à charbons minéralisés.* — Sans entrer dans l'historique très touffu des charbons minéralisés, il suffira ici de dire qu'ils sont actuellement de trois espèces différentes : les charbons minéralisés de manière homogène dans la masse entière (Bremer); les charbons ordinaires à mèche additionnée de substances minérales; enfin, les charbons à deux zones (ou quelquefois à trois zones) formés d'un noyau minéralisé d'une manière homogène, entouré d'une enveloppe en charbon pur (Blondel).

Les charbons de la troisième espèce dérivent de ceux de la première par l'addition de l'enveloppe en charbon pur, qui a pour effet d'éviter les abondantes scories des premiers; comme l'enveloppe se taille en cône autour du noyau, l'arc jaillit seulement sur celui-ci et présente les mêmes propriétés que si les charbons étaient homogènes. Mais, tandis que les charbons homogènes minéralisés ne peuvent être employés qu'avec les pointes tournées vers le bas afin de laisser écouler les scories en gouttes, ce qui force à employer des lampes spéciales dites *intensives* (Bremer, Excello, etc.), analogues à celles imaginées autrefois par Rapieff et par Gérard, les charbons à enveloppe peuvent être employés dans les lampes à arcs dites *carbo-minérales,* à charbons placés l'un au-dessus de l'autre (Blondel). Les charbons à mèche peuvent être employés avec les deux dispositions, mais ne se comportent pas de la même manière que les deux autres espèces, par suite du petit diamètre de la mèche.

Tandis que, sur les charbons à enveloppe, l'arc se forme uniquement sur le noyau, dans les charbons à mèche il se forme à la fois sur le corps principal du charbon en carbone pur et sur la mèche centrale, et, pour maintenir constante la proportion des substances minérales dans l'arc et obtenir un degré de minéralisation aussi élevé que dans les deux autres solutions, on est obligé d'employer des charbons de très petit diamètre (7^{mm} à 9^{mm} pour un courant de 9 à 10 ampères), ce qui entraîne une usure très rapide (30^{cm} à 40^{cm} à l'heure au lieu de 16^{cm} à 20^{cm}), et des chutes de tension considérables par suite de la grande longueur nécessaire des charbons (qui peut atteindre jusqu'à 800^{mm}). On est ainsi conduit forcément à ajouter des âmes métalliques, par exemple des fils de cuivre ou d'aluminium, ou bien à amener des courants par contact frottant au voisinage immédiat des pointes de charbons.

Certains inventeurs ont été amenés, pour lutter contre cette usure rapide ou augmenter la durée de fonctionnement des lampes, à réaliser pour les lampes en V des systèmes de magasin ou de revolver permettant de faire succéder sans interruption plusieurs paires de charbons (Oliver). Cette disposition présente une notable complication. Au contraire, d'autres inventeurs, particulièrement désireux de simplifier le mécanisme des lampes, ont réalisé des lampes en V dans lesquelles les charbons descendent par leur propre poids et sont retenus simplement par une nervure reposant sur un arrêt, et qui brûlent au fur et à mesure de l'usure des charbons (Beck). Dans les lampes en V, les charbons homogènes du type Bremer sont aujourd'hui presque complètement abandonnés au profit des charbons à mèche.

Au contraire, dans les lampes à charbons placés l'un au-dessus de l'autre, on emploie presque exclusivement des charbons à enveloppe (lampe *carbo-minérale*), en ayant soin de retenir l'arc, qui tend à monter, par un économiseur muni d'un réflecteur. Dans ces lampes, la polarité des électrodes joue un rôle important sur le bon fonctionnement et le rendement lumineux; lorsqu'il s'agit de courant continu, on doit prendre comme électrode inférieure l'anode formée d'un charbon minéralisé et prendre comme cathode supérieure un charbon pur ou contenant une plus faible quantité de substances minérales, de manière à éviter la chute des scories provenant de la fusion ou de la condensation des matières minérales.

La composition et le degré de minéralisation des électrodes jouent également un rôle important; le corps principal de la composition est toujours le fluorure de calcium, mais on doit l'additionner de borates et de silicates convenables pour régulariser sa vaporisation. Plus le degré de minéralisation est élevé, plus le régime est calme et la lumière abondante, mais on est limité par la scorification. On ajoute également, suivant les cas, d'autres sels tels que ceux de baryum pour modifier la coloration de la lumière.

La loi de variation du voltage en fonction de l'écart est sensiblement linéaire comme pour les électrodes en carbone pur. En pratique, l'écart est compris entre 7^{mm} et 15^{mm}. On peut employer les lampes en série par deux ou par trois sur 110 volts.

En général, les voltages doivent être plus faibles qu'avec l'arc ordinaire pour obtenir la meilleure stabilité.

On a réalisé de divers côtés des lampes à arc triphasées à 3 charbons minéralisés convergents suivant les 3 arêtes d'un trièdre, au moyen de dispositions mécaniques ingénieuses; l'arc s'établit d'une façon variable entre les 3 charbons suivant la phase des 3 courants triphasés, qui se trouvent fermés en triangle par ces arcs. Mais ces lampes forment des foyers trop puissants pour les applications ordinaires et des expériences ont montré que les 3 arcs ne s'allument pas toujours tous à leur tour, de sorte que la lumière est finalement plus papillotante que celle d'un arc monophasé de même fréquence, contrairement à ce l'on pouvait espérer du dispositif pour uniformiser la lumière des courants alternatifs.

L'expérience a démontré aussi que les charbons minéralisés permettent d'obtenir des arcs alternatifs encore acceptables à des fréquences voisines de 25 périodes, tandis que la limite inférieure est de 40 pour les arcs ordinaires.

Une difficulté particulière de l'emploi des charbons

minéralisés provient de la production d'abondantes fumées contenant non seulement les substances minérales vaporisées, mais aussi du peroxyde d'azote. Il est nécessaire d'empêcher ces fumées et ces gaz de pénétrer dans le mécanisme; la meilleure solution consiste à les entraîner au-dessus de la lampe par des tuyaux traversant le mécanisme; dans tous les cas le globe doit être fermé à sa partie supérieure par une cloison protectrice; on a proposé aussi une solution moins élégante consistant à mettre le mécanisme au-dessous du globe. On a proposé aussi de neutraliser les vapeurs nitreuses par du carbonate d'ammoniaque placé dans le globe ou par des vapeurs hydro-carbonées, mais l'usage ne s'en est pas répandu.

2° *Arcs métalliques*. — Les expériences des inventeurs américains, particulièrement de la General Electric C° et de M. Ladoff, ont porté d'abord sur l'emploi du fer et de ses oxydes, notamment de la magnétite qui est légèrement conductrice, qui s'use lentement et donne une lumière plus blanche et plus abondante que le fer métallique; en réalité, la lumière provenait surtout de la présence d'impuretés telles que le titane ou les métaux analogues; c'est pourquoi maintenant on l'incorpore directement à l'état pur, ou à l'état d'oxyde ou de carbure dans une électrode formée pour la plus grande partie d'oxyde de fer plus ou moins réduit pour le rendre conducteur; on est limité dans l'addition de titane par la formation des scories de carbure infusible. Le même motif empêche de combiner facilement une cathode au titane avec une anode au calcium, ainsi qu'il serait rationnel de le faire. On emploie surtout avantageusement le ferro-titane, soit produit directement au four électrique, soit obtenu par l'addition d'un mélange d'oxyde de fer et de titane. Le rendement ainsi obtenu est supérieur à celui des oxydes, et l'on peut augmenter alors beaucoup la proportion de titane. On est toujours limité par la scorification et par l'instabilité de l'arc formé sur cathode en métal. Les arcs au titane exigent une résistance de stabilité beaucoup plus considérable que les arcs ordinaires; on ne peut faire brûler sur 120 volts qu'un seul arc consommant 48 à 55 volts à ses bornes; en outre, il faut une construction de lampe spéciale pour produire le rallumage, parce que les scories de carbure de titane produites à la pointe de la cathode sont isolantes; l'allumage est produit par un frotteur qui vient toucher l'électrode inférieure sur le côté et qui amène l'arc ensuite à la pointe. Enfin, pour empêcher l'arc de tournoyer, on est obligé de placer au-dessous une cheminée verticale d'aspiration qui traverse la lampe et contient le secteur de cuivre formant l'anode.

Les arcs métalliques sont très intéressants à cause de la longue durée des électrodes et de la belle couleur de la lumière produite; leur emploi n'est pas encore très répandu. Ils exigent les mêmes précautions pour l'enlèvement des fumées et des gaz nitreux que les arcs au calcium.

Leur lumière contient des radiations très réfrangibles du spectre du fer, qui peuvent être nuisibles pour les yeux, au moins quand on emploie de gros arcs. Les intensités normales sont de 3,5 à 5 ampères.

3° *Arcs au mercure*. — La réalisation de lampes industrielles au mercure a été laborieuse. M. Cooper Hewitt a dû étudier successivement le rôle des gaz occlus très nuisibles au rendement et à la durée de la lampe, et l'influence de la densité de la vapeur, qui doit présenter en marche une valeur à peu près constante et bien définie (correspondant à une pression d'environ 2^{mm}) pour obtenir le rendement lumineux maximum. Il faut employer des verres non perméables, les débarrasser des gaz par une sorte de lavage à l'hydrogène, proportionner la longueur et le diamètre des tubes (dont dépendent l'intensité et la tension du courant), de façon à obtenir une surface de refroidissement suffisante, accrue par l'addition d'une chambre de condensation. Si la température ambiante est basse, le tube doit être protégé par une lanterne. Les tubes Cooper Hewitt ont un diamètre de 28^{mm} environ pour des courants de 3,5 ampères, et sont encombrants, mais ils produisent une lumière économique et avantageuse par son faible éclat intrinsèque. D'autres constructeurs ont préféré augmenter la densité de vapeur et réduire les dimensions des tubes, mais c'est au détriment du rendement, la teinte de la lumière est alors plus riche en rayons peu réfrangibles.

A ce point de vue de la coloration, les lampes au mercure sont caractérisées par l'absence de radiations rouges; leur radiation se réduit aux raies spectrales du mercure dans le jaune, le vert, le bleu et le violet; la partie ultraviolette, si nuisible aux yeux, est absorbée par le verre, mais on peut craindre encore un effet nuisible du violet. Pour les applications médicales et chimiques, il est avantageux d'employer les tubes de Heraeus ou les verres uviol de Schott, et les lampes de ce genre ont détrôné les lampes à arc au fer de Bang et de ses imitateurs. L'arc au mercure reçoit des applications pour l'éclairage des locaux industriels. Pour les autres, on a essayé en vain de lui donner des rayons rouges par addition d'autres métaux, mais qui nuisent au fonctionnement, ou par une enveloppe fluorescente, mais sans succès durable jusqu'ici. On emploie quelquefois une combinaison d'arc au mercure avec des lampes à incandescence, mais c'est au détriment du rendement, qui n'atteint pas celui des incandescences au tungstène.

L'allumage se fait par divers procédés plus ou moins ingénieux, dont le plus sûr et le plus usité est l'allumage par court-circuit.

4° *Arcs au carbone pur*. — La création de types nouveaux d'arcs lumineux a eu sa répercussion sur les arcs au carbone. On a créé des lampes à demi closes, à arc long entre charbons placés l'un au-dessus de l'autre (lampes Bivolta) et surtout à charbons convergents en soufflant la flamme par champ magnétique très doux et très uniforme (lampe Carbone). Ces arcs prennent environ 80 volts et fonctionnent en parallèle sur réseau à 110 volts ou par deux en série sur 220 volts. Le bon fonctionnement de ces arcs provient de ce qu'on a poussé la densité de courant autant que dans les charbons à mèche minéralisée; dans ces conditions l'arc proprement dit devient éclairant, et la lumière est plus fixe qu'avec les arcs minéralisés et plus blanche qu'avec

COMPARAISON APPROXIMATIVE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ARC. — INTENSITÉS LUMINEUSES ET CONSOMMATIONS SOUS 110 VOLTS.

Type de lampe.	Ampères.	Volts.	Watts utiles.	Watts totaux.	Intensité moyenne hémi-sphérique.	Consommation spécifique absolue.	Consommation spécifique pratique (1) sous 110 volts.	Usure horaire de l'électrode minéralisée.
I. — *Courants continus*.								mm mm
Lampe ordinaire à charbons purs (2).	9	40	360	495	700	0,514	0,710	14 à 16
Lampe ordinaire à charbons purs (par 3) (2)	9	35	315	330	540	0,583	»	14 à 16
Lampe à flamme à charbons à mèche verticaux (2)	9	40	360	495	910	0,396	0,610	27,5
Lampe à flamme *intensive* à charbons à mèche convergents (2)	9	45	405	495	2000	0,202	0,247	34 à 42,
Lampes enfermées américaines (3)	6,8	70	476	768	329	1,45	2,334	1,5 à 2
Lampe à la *magnétite* (4)	3,5	91	320	385	400 (?)	0,800	0,962	1 à 2
Lampe Bremer (9 amp.) (5)	9	48	412	495	4814	0,131	0,143	35 à 45
Lampe *carbo-minérale* (9 amp.) (6)	9,1	43	391,3	500	4800	0,081	0,103	16 à 20
Lampe *carbo-minérale* (5 amp.) (7)	5,12	51,6	241,2	282	2210	0,109	0,128	16 à 20
Lampe *carbo-minérale* (5 amp.) (7)	2,99	57,4	171,5	165	1339	0,128	0,124	18 à 20
Arc au mercure (8)	3,5	80	280	385	770	0,362	0,50	»
Arc au ferro-titane (9)	3,5	48,3	169	385	700	0,242	0,55	1 à 2
Arc lumineux entre charbons purs (lampe Carbone) (10)	10	90	90	110	1070	0,82	0,98	18 à 20
II. — *Courants alternatifs*.								
Lampe ordinaire à charbons non minéralisés	9	30	270	330	350	0,772	0,945	15 à 16
Lampe ordinaire à charbons purs à mèche (11)	15	35	480	555	470	1,02	1,18	15 à 16
Lampe à flamme à charbons verticaux	9	30	270	330	700	0,386	0,471	30
Lampe à flamme à charbons convergents	9	45	406	495	2000	0,202	0,247	35 à 45
Lampe enfermée (3)	6,6	70	482	726	314	1,535	2,312	1 à 2
Lampe Bremer (12)	9	48	»	»	»	0,131	0,143	35 à 45
Lampe *carbo-minérale* (13)	10	35	255 (réels)	370	1890	0,135	0,174	15 à 20
Lampe *carbo-minérale* (par 3) (6)	8	33	225 (réels)	272 (réels)	1000	0,225	0,272	15 à 20

(1) C'est-à-dire obtenue en divisant le voltage 110 volts par le nombre de lampes en série.

(2) D'après la Conférence de M. Zeidler, Ingénieur de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft devant l'Elektrotechnischer Verein de Berlin, 23 décembre 1902.

(3) D'après M. Mathews, *deuxième Rapport*, p. 30 à 32, et *troisième Rapport*, p. 17.

(4) Chiffres hypothétiques d'après une Communication de M. W. Holmes, *E. W. and E.*, 28 mai 1904.

(5) D'après M. W. Biegen von Czudnochowski (*Vertrag der deutschen physikalischen Gesellschaft*, 1903, n° 7). *Voir* aussi *Das Elektrische Bogenlicht* du même auteur.

Ces chiffres se rapportent à des diamètres de charbons pratiques au lieu des diamètres 8mm et 7mm des lampes essayées par M. Wedding, dont l'usure était excessive en comparaison des autres lampes.

(6) Essais du Laboratoire de la Société Auer de Paris.

(7) D'après les essais du professeur Wedding.

(8) D'après les Notices de la Compagnie Westinghouse, et en supposant 30 volts perdus dans le rhéostat et 80 pour 100 de la lumière hémisphérique supérieure récupérée par réflexion.

(9) D'après M. Ladoff (*loc. cit.*), qui indique 510 bougies moyennes sphériques et en supposant qu'on récupère par un réflecteur la moitié des rayons envoyés au-dessus de l'horizon. Mais le même auteur estime pouvoir maintenir aux bornes un voltage plus élevé, par exemple 65-70 volts; ce qui réduirait la consommation à environ 0,45.

(10) D'après B. Monasch, *Elektrische Beleuchtung*, p. 179.

(11) Essais du Laboratoire central d'Électricité de Paris.

(12) Chiffres hypothétiques supposés d'après la comparaison faite par M. Wedding (*loc. cit.*) qui trouve même rendement pour les deux espèces de courants.

(13) Essais du Laboratoire central d'Électricité de Paris.



les arcs ordinaires. Mais ces lampes exigent des intensités de courant très élevées (8 à 10 ampères) et une forte résistance de stabilité, de sorte que leur rendement ne dépasse pas celui d'un arc ordinaire, et tout l'avantage réside dans la coloration plus blanche de la lumière et dans le haut voltage de l'arc, utile pour certaines applications.

Les arcs enfermés ordinaires, que la coloration violette de leur lumière, leur instabilité et leur mauvais rendement ont empêché de s'implanter sur le continent, continuent à être en faveur aux États-Unis, mais sont appelés à disparaître prochainement par suite de la création de lampes à incandescence à filaments métalliques (tungstène) dont le rendement est égal ou supérieur; ils seront également remplacés par les arcs métalliques, si ceux-ci peuvent être mis complètement au point pratique.

On peut signaler aussi la grande vogue qu'ont eue dans ces dernières années les petites lampes à arc formées de 1 ou 2 ampères, avec des densités de courant plus élevées que les lampes américaines et des durées de fonctionnement moindres (50 heures environ); elles aussi sont appelées à disparaître à cause de leur très mauvais rendement qui ne dépasse guère celui d'une lampe à incandescence au carbone et qui n'explique pas cet engouement.

COMPARAISON DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ARCS. — Les Tableaux ci-joints (p. 85 et 86) résument, sous la forme comparative, le résultat obtenu dans ces dernières années pour les principales espèces de lampes à arc par divers expérimentateurs, et permettent de comparer leurs mérites au point de vue du rendement lumineux et de la durée.

On voit ainsi que les arcs à flamme au calcium, qui tiennent la tête, ont des consommations comprises entre 0,10 et 0,25 watt par bougie Hefner, tandis que les arcs au ferro-titane ont une consommation spécifique environ double, mais une usure horaire dix fois plus petite; l'arc au mercure, d'après Cooper Hewitt, ne consommerait que 0,33 à 0,34 watt avec des précautions spéciales; mais en pratique, en tenant compte des 30 volts perdus dans le rhéostat, la consommation est de 0,45 watt par bougie. L'arc à charbon ordinaire pur reste bien loin de ces résultats, car il ne consomme pas moins de 0,5 à 1 watt par bougie dans les lampes ouvertes et 1,5 watt dans les lampes en vase clos. Au point de vue pratique, il est surtout intéressant de comparer les consommations spécifiques sous 110 volts, en y comprenant la perte par rhéostat.

Il est très utile aussi de comparer les puissances électriques minima nécessaires pour un foyer éclairant; ce minimum est pratiquement d'environ 200 watts pour une lampe à arc carbo-minéral, 300 watts pour une lampe à flamme à charbons convergents ou pour une lampe à charbon ordinaire à l'air libre, 385 watts pour une lampe ordinaire en vase clos ou un arc métallique et pour un arc au mercure, 1000 watts environ pour un arc à flamme entre charbons purs, et près de 2000 pour un arc triphasé. On voit la progression considérable qui a été réalisée dans la réduction de la consommation unitaire, ce qui facilite la répartition de la lumière.

Nous ne pouvons reproduire ici les courbes de répartition de la lumière des différents arcs; celles de l'arc ordinaire entre charbons sont d'ailleurs bien connues et présentent, comme on le sait, un maximum vers 45° au-dessous de l'horizon et fort peu de lumière au-dessus de l'horizon; les arcs enfermés ont un maximum plus relevé vers l'horizon et plus étroit. Les arcs à flamme lumineuse, par leur constitution même, envoient plus de lumière vers l'horizon que les arcs anciens à flamme non éclairante, et leur répartition, dans le cas des électrodes verticales, est très avantageuse pour l'éclairage des grands espaces; les types à charbons convergents, dits *intensifs*, sont au contraire plus spécialement utilisables pour l'éclairage des devantures des magasins par suite de la concentration de la lumière suivant la verticale; l'arc métallique produit son maximum de lumière vers l'horizon; mais, ne pouvant utiliser comme les arcs au calcium un réflecteur, par suite des dépôts colorés opaques auxquels donnent lieu les sels de fer et de titane, une grande partie de la lumière émise est renvoyée en pure perte au-dessus de l'horizon.

Les arcs lumineux ont l'inconvénient de donner des flottements de lumière et exigent des régulateurs spéciaux et des électrodes plus chères que des charbons ordinaires, mais ces inconvénients sont plus que compensés par la moindre consommation de courant. C'est pourquoi le véritable intérêt des nouvelles sources de lumière doit être cherché dans la réalisation de foyers

COMPARAISON ENTRE LES GROS FOYERS A INCANDESCENCE PAR LE GAZ ET LES ARCS ÉLECTRIQUES DE MÊME PUISSANCE
(gaz à $0^{fr},20$ le mètre cube, électricité à $0^{fr},70$ le kilowatt-heure).

	Intensité lumineuse horizontale.	Intensité lumineuse moyenne sphérique.	Consommation horaire (litres et kilowattheures).	Dépense horaire.	Chaleur dégagée (calories par heure).	Dépense sphérique de l'hectopyr (centimes par 100 bougies).
Incandescence par le gaz, bec intensif..	575	400	620^{l}	$12^{c},4$	3200	3,1
Arc ordinaire à courant continu.......		1200	600^{kwh}	42	380	3,5
Arc ordinaire à courant alternatif.....		600	600	42	380	7,0
Arc *carbo-minéral* à courant continu..		1200	200	14	130	1,17
Arc *carbo-minéral* à courant alternatif.		1200	300	21	200	1,75

La supériorité de l'arc est encore plus accusée avec un prix d'énergie inférieur à $0^{fr},70$, c'est-à-dire dans un grand nombre de villes ou d'installations françaises.



de faible consommation. Leur avantage économique sur l'arc au carbone pur est plus marqué sur le continent où l'énergie est chère et la main-d'œuvre gratuite ou à bon marché, qu'aux Etats-Unis où l'énergie est bon marché et la main-d'œuvre salariée très chère. Pour ces motifs, les arcs au calcium triomphent en Europe, tandis qu'aux Etats-Unis leur usage est encore limité à l'éclairage-réclame; dans ce dernier pays, l'arc métallique a plus de chance de triompher qu'en Europe pour les mêmes motifs qui ont amené là-bas le succès des arcs enfermés.

L'arc à flamme lumineuse constitue actuellement la source de lumière la plus économique pour l'éclairage des grands espaces, plus économique même que les becs à gaz intensifs. Car, si l'on compare l'un et l'autre, en admettant les prix ordinaires moyens du gaz ($0^{fr},20$ le mètre cube) et de l'électricité ($0^{fr},70$ le kilowatt-heure), on trouve pour dépenses horaires en centimes, pour la production de 100 bougies moyennes sphériques, les chiffres contenus dans la dernière colonne du Tableau de la page 86.

Sur la différence de potentiel de l'arc à courant continu entre électrodes métalliques, par C.-E. GUYE et L. ZEBRIKOFF. Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907. — Dans un travail très complet et tout à fait remarquable sur l'arc à courant constant entre charbons, Mme Ayrton a montré que la puissance consommée dans l'arc aux divers régimes pouvait être représentée par des systèmes de droites de la forme

$$P = A + Bl,$$

dans le cas où la longueur l de l'arc est constante, et par

$$P = C + Di$$

si l'on maintient l'intensité constante.

Ces deux relations lui ont permis d'établir une formule générale représentant très bien la différence de potentiel aux électrodes.

Cette formule est, comme on sait,

$$e = a + bl + \frac{c + dl}{i},$$

dans laquelle a, b, c, d sont des constantes dépendant surtout de la nature des électrodes et des conditions de l'atmosphère gazeuse.

Nous avons voulu rechercher si, dans l'arc jaillissant entre électrodes métalliques, il était possible de représenter les phénomènes par des relations semblables.

Nos expériences ont été faites sur l'or, le platine, l'argent, le palladium, le cuivre, le cobalt, le nickel et le fer. Les électrodes planes, légèrement arrondies sur les bords, avaient un diamètre d'environ 16^{mm}; leur distance était mesurée au cathétomètre, avant, pendant et après le fonctionnement; leurs surfaces étaient constamment dressées sur le tour.

Les longueurs d'arc étaient généralement comprises entre 0^{mm} et 2^{mm}, exceptionnellement 4^{mm}; les intensités ont varié entre 2 et 18 ampères.

Nous avons attaché une importance particulière à obtenir des *arcs stables*, afin d'éviter les élévations instantanées de tension qui peuvent résulter de l'instabilité de l'arc.

Dans ce but, nous n'avons opéré que sur des arcs relativement courts en disposant d'une grande réserve de tension; la machine fournissant le courant donnait de 75 à 90 volts dont la majeure partie était toujours absorbée dans des résistances auxiliaires.

En outre, l'électrode supérieure servait toujours de cathode.

Un galvanomètre convenablement amorti et préalablement gradué permettait la mesure des différences de potentiel.

Dans ces conditions, la puissance consommée s'est trouvée représentée très exactement par des systèmes de droites tout à fait analogues à celles obtenues par Mme Ayrton pour le charbon.

Nous avons alors déduit de ces droites (c'est-à-dire de l'ensemble de nos expériences) les valeurs numériques des coefficients de la formule (1) et avons obtenu :

Or (1).......... $e = 20,82 + 4,62l + \frac{20,97l + 12,17}{i}$

Platine (1)..... $e = 24,29 + 4,80l + \frac{20,33l}{i}$

Argent (1)....... $e = 14,19 + 3,64l + \frac{19,01l + 11,36}{i}$

Palladium (1)... $e = 21,64 + 3,70l + \frac{21,78l}{i}$

Cuivre (1)....... $e = 21,38 + 3,03l + \frac{15,24l + 10,69}{i}$

Cobalt (1)....... $e = 20,71 + 2,05l + \frac{10,12l + 2,07}{i}$

Nickel (1)....... $e = 17,14 + 3,89l + \frac{17,48l}{i}$

Fer (1).......... $e = 15,73 + 2,52l + \frac{15,02l + 9,44}{i}$

Charbon (2)...... $e = 38,88 + 2,074l + \frac{11,66 + 10,54l}{i}$

Avec le fer, le nickel et le cobalt, il se forme par sublimation de petites aiguilles très fines, d'apparence laineuse, qui tendent à rejoindre entre elles les électrodes et qui, si l'on n'y prend garde, peuvent servir de passage au courant.

Le détail de ces recherches paraîtra dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles* (Genève).

(1) C.-E. Guye et L. Zebrikoff.
(2) Mme Ayrton.

MESURES ET ESSAIS.

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE.

Sur les méthodes et instruments de mesure dans l'application et la production des courants de haute fréquence, par G. GAIFFE (Rapport présenté au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des sciences, août 1907). — Vous m'avez fait, Messieurs, l'honneur de me charger d'un Rapport sur les appareils et les méthodes de mesure des courants de haute fréquence.

Je vous avoue que j'ai presque reculé devant les difficultés.

En effet, j'ai été amené par la force des choses à vous parler non pas d'appareils de mesure, mais de méthodes d'analyses qui ont évidemment presque toutes l'inconvénient d'être trop complexes et trop indirectes pour être utilisées couramment dans la pratique médicale.

Cela tient, du reste, à la complexité même du phénomène que nous voulons étudier.

Vous connaissez tous les courants dont il s'agit. Ils sont formés d'une succession de courants alternatifs composés chacun d'ondes dont l'amplitude va en décroissant, quoique conservant la même fréquence, chaque série d'oscillations étant séparée de la suivante par un temps plus ou moins long, mais proportionnellement très considérable, pendant lequel il ne se produit rien.

Quelles sont les caractéristiques de ces courants dont la mesure nous permettrait la reconstitution intégrale du phénomène tant en lui-même que dans ses rapports avec le milieu ambiant? Ce seraient :

1° La fréquence;

2° Le potentiel d'éclatement provoquant la décharge oscillante des condensateurs;

3° L'intensité maxima de la première onde;

4° La loi de décroissance de cette intensité, en fonction du temps, définie par le facteur d'amortissement;

5° Le flux créant le champ;

6° Enfin, la forme de la courbe et le nombre de trains d'ondes par unité de temps.

Voici le programme : pourrons-nous le réaliser et comment?

1° Fréquence. — La détermination de la fréquence est peut-être le problème le plus simple.

Il a été réalisé un assez grand nombre d'appareils (ondemètres, fréquencemètres, etc.), tous basés, d'ailleurs, sur le même principe.

On constitue un circuit capable de résonner, c'est-à-dire composé d'une self-induction et d'une capacité réglables l'une ou l'autre ou toutes deux.

On modifie la période de vibration de cet ensemble par le réglage d'une des variables pour l'amener à être identique à celle du circuit à étudier. A cet accord correspond un maximum de courant dans l'ondemètre, constaté soit au moyen d'un ampèremètre, soit par l'apparition d'effluves, soit encore par l'éclairage d'un écran au platinocyanure de baryum.

Comme le circuit de l'ondemètre est simple et connu, on peut calculer sa fréquence, qui est alors celle du circuit à étudier. En pratique, ces appareils sont gradués à l'avance et donnent, soit directement par simple lecture, soit en se reportant à une courbe, le renseignement cherché.

L'excitation de l'ondemètre s'obtient par simple rapprochement de l'appareil d'un des points du circuit à mesurer.

Les appareils sont divisés soit en fréquence, exprimant le nombre de périodes qui existeraient en une seconde si le phénomème était continu, soit en longueur d'onde. Ces deux valeurs étant reliées par la relation $\lambda = VT$ dans laquelle λ est la longueur d'onde exprimée en mètres, V la vitesse de la lumière exprimée en mètres par seconde, soit en chiffres ronds 300000000, et T la durée d'une oscillation complète en seconde (T est égale à l'inverse de la fréquence).

Si la fréquence est, par exemple, 500000, la durée d'une oscillation sera en seconde de $\frac{1}{500000}$ et sa longueur d'onde

$$\lambda = \frac{300000000}{500000} = 600^{m}.$$

Je n'entrerai pas dans le détail des divers ondemètres ou fréquencemètres réalisés. Cela nous entraînerait trop loin. La seule chose que je puisse dire, c'est que je considère les ondemètres à ampèremètre comme les plus pratiques; il est souvent trop difficile de déterminer un maximum d'effluves ou d'éclairement d'un écran. Je vous signalerai cependant, au point de vue de l'originalité du réglage, l'ondemètre du capitaine Ferrié, dans lequel on se sert des courants de Foucault pour faire varier la self-induction.

2° Potentiel d'éclatement. — Si la mesure de la fréquence est facile et relativement exacte, il n'en est pas de même de la mesure du potentiel d'éclatement.

Le moyen préconisé comme le plus commode et le plus rapide est la détermination de la longueur d'étincelle. Mais cette mesure n'est pas exacte en réalité.

En effet, la longueur de l'étincelle de l'éclateur est fonction non seulement de la différence de potentiel entre les pièces de l'éclateur, mais encore : 1° de la forme de ces pièces (boules, cylindres, plans, pointes); 2° de l'état des surfaces; 3° de l'échauffement des surfaces; 4° de l'ionisation de l'air qui sépare les pièces de l'éclateur.

Chacune de ces causes intervient pour fausser le résultat et dans des proportions souvent considérables.

Ainsi, tandis qu'on n'obtiendra la première étincelle qu'à une longueur A, les suivantes pourront être obtenues à une longueur s'élevant jusqu'à 1,25 A. Si les



surfaces sont bien polies, la longueur A sera minimum; avec des surfaces dépolies par l'usage, elle pourra atteindre jusqu'à 1,2 ou 1,3 A.

La mesure au moyen de l'électromètre ne sera guère plus exacte, car ses indications dépendent par-dessus tout de la forme de la différence de potentiel, donc pour un même potentiel d'éclatement on peut obtenir des résultats totalement différents.

On ne pourra tirer de renseignements de l'électromètre que si l'on se sert de courants alternatifs sinusoïdaux en opérant de la façon suivante :

L'électromètre étant relié aux deux pièces de l'éclateur, ce dernier est écarté de façon à empêcher la décharge du condensateur. On lance le courant alternatif dans l'appareil et l'on mesure la différence de potentiel efficace aux boules. On approche lentement les deux pièces de l'éclateur jusqu'au jaillissement de l'étincelle. On travaille alors à ce moment (en supposant que le passage de l'étincelle ne se trouve pas ensuite facilité par une des raisons données ci-dessus) à une différence de potentiel d'éclatement égale à $E_{eff}\sqrt{2}$, soit 1,414 E_{eff}.

Si l'on se sert d'une bobine, l'électromètre donnera une moyenne de E_{eff} dont nous ne pourrons rien tirer : parce que la courbe du courant est difficile à connaître et que le phénomène est discontinu.

3° Intensité maxima. — On pourrait avoir une idée de cette intensité si l'on connaissait la fréquence, la différence de potentiel d'éclatement et la capacité des condensateurs.

Les relations $Q = EC$ et $I = \frac{Q}{\frac{T}{2}}$ (T étant l'inverse de la fréquence) donneraient l'intensité moyenne de la première décharge du condensateur, et, si nous admettons que la fonction I soit sinusoïdale, l'intensité maxima est reliée à l'intensité moyenne par

$$I_{max} = \frac{\pi}{2} \times I_{moy}.$$

On voit immédiatement que cette mesure ne peut être déduite des indications d'un milliampèremètre de haute fréquence, qu'il soit branché sur un circuit direct, un circuit dérivé ou un circuit voisin induit, car il ne donne que la moyenne des intensités efficaces, non seulement parce que le phénomène est discontinu, mais parce que dans chaque manifestation du phénomène les ondes vont en décroissant, grâce à l'amortissement.

Cela conduit non au rejet du milliampèremètre, qui, comme nous le verrons plus loin, peut rendre de bons services pour une même installation, mais à la non possibilité de comparer entre elles deux installations différentes dans lesquelles ni la différence de potentiel d'éclatement, ni la fréquence, ni l'amortissement ne sont les mêmes. Cependant, cette comparaison serait d'un intérêt considérable.

Une même intensité moyenne peut être donnée par un grand nombre de trains d'ondes d'intensité faible ou par un nombre très petit de trains d'ondes d'intensité considérable; il est presque évident que dans les deux cas les actions physiologiques seront différentes, et cela seul expliquerait bien des anomalies dans les résultats obtenus.

4° Amortissement. — Les oscillations hertziennes ne restent pas indéfiniment identiques à elles-mêmes comme elles le feraient s'il n'y avait pas de déperdition d'énergie; elles sont amorties.

Cet amortissement provient de trois causes : 1° de la résistance du circuit de haute fréquence; 2° de l'action du flux sur les circuits voisins; 3° du rayonnement dans l'espace.

Ces trois causes d'amortissement sont très différentes au point de vue de leur intérêt et au point de vue de leur action : tandis que la première est une perte sèche qu'il faut éviter à tout prix, les autres sont au contraire la raison même des courants de haute fréquence, soit dans la télégraphie sans fil, soit dans l'autoconduction, la chaise longue condensateur, etc.

On peut diviser la résistance ohmique du circuit en deux parties : une partie sur laquelle nous n'avons pas d'action sensible représentée par l'étincelle, et une autre au contraire composée du circuit métallique que nous devons nous efforcer à faire aussi peu résistant que possible. On sait du reste que, lorsque la résistance R devient $\geqq \frac{4L}{C}$ (¹), il n'y a plus oscillation, mais simple décharge du condensateur en un courant toujours de même sens (²).

Nous citerons, pour fixer les idées, une expérience de Bjerknes rapportée par J.-A. Flemming : deux circuits à haute fréquence sont semblables, même capacité, même self-induction; dans l'un le conducteur est du platine, dans l'autre du cuivre.

Voici les résultats :

Cas du cuivre : perte par effet Joule, 25 pour 100;

Cas du platine : perte par effet Joule, 62,5 pour 100; c'est-à-dire que l'énergie disponible pour l'utilisation du circuit soit en télégraphie sans fil, soit en thérapeutique, était double dans le cas du cuivre.

Nous n'avons pas à nous occuper du rayonnement dans l'espace si ce n'est que pour l'éviter autant que possible, ce qui se trouve généralement réalisé convenablement dans les appareils médicaux.

Quant à l'action du flux sur les circuits voisins, nous l'étudierons tout à l'heure.

L'amortissement est caractérisé par le logarithme népérien du rapport des différences de potentiel maxima de deux ondes de sens inverse se suivant immédiatement, ce qui s'exprime ainsi (γ étant le facteur d'amortissement) : $\gamma = \text{Log}\frac{E_1}{E_2} = \text{Log}\frac{E_2}{E_3}$, etc.

Ce facteur étant connu, il est facile de l'utiliser à calculer le nombre d'oscillations n au bout duquel la différence de potentiel maxima tombe de $\frac{1}{10}$ par exemple.

La formule est $\frac{n-1}{2}\gamma = \text{Log}\,10$.

Comment mesurer γ ?

(¹) R étant la résistance, L la self-induction et C la capacité.

(²) Ceci est la condamnation de tous les appareils à fils discontinus avec connexions multiples par ressorts, etc.

Nous indiquerons à titre d'exemple une méthode basée sur l'emploi d'un ondemètre, la méthode de Bjerknes.

On modifie la période d'oscillation de l'ondemètre, par la variation de sa capacité.

On trace la courbe des puissances induites par le circuit à mesurer en fonction de cette période, on porte comme ordonnées le carré de l'intensité induite (carré proportionnel à la puissance) et en abscisses la racine carrée de la capacité de l'ondemètre pour chaque point déterminé. Puis on recommence l'expérience en modifiant uniquement la résistance ohmique de l'ondemètre.

L'énergie recueillie par l'ondemètre dépend évidemment de l'énergie dépensée dans le circuit à mesurer, de l'amortissement de ce circuit et de celui de l'ondemètre. Si l'on maintient constante l'énergie dans le circuit à mesurer, les deux opérations ci-dessus permettront de trouver par calcul les deux amortissements ([1]).

Malheureusement cette méthode, comme du reste les autres méthodes que vous pourrez trouver décrites dans les livres cités plus haut, est délicate, et en pratique courante il est difficile d'obtenir des résultats très concordants.

5° FLUX. — Le flux, de même que les autres grandeurs électriques caractérisant ces phénomènes, est une fonction périodique d'amplitude décroissante dont il est intéressant de connaître la première amplitude, les autres suivant la même loi de décroissance que l'intensité. La détermination du flux maximum à l'intérieur d'un solénoïde, la cage d'autoconduction par exemple, serait d'un intérêt considérable pour les mêmes raisons que celles données lors de l'étude de l'intensité.

On peut le calculer, du moins approximativement, par une formule simple si l'on a pu connaître la différence de potentiel d'éclatement.

$$E = N\omega\varphi,$$

E étant la différence de potentiel en unités C.G.S, N étant le nombre de tours du solénoïde, ω la pulsation, soit $2\pi n$ (n étant la fréquence), φ le flux.

Un exemple numérique donnera une idée de l'ordre de grandeur :

Prenons une installation d'autoconduction très voisine des installations pratiques dans lesquelles on peut admettre

$$E = 40000 \text{ volts} = 40000 \times 10^8 \text{ unités C.G.S.},$$

$$N = 20 \quad \text{et} \quad n = 500000,$$

$$\varphi = \frac{E}{N\, 2\pi n} = \frac{40000 \times 10^8}{20 \times 500000 \times 2\pi} = 63678 \text{ maxwells},$$

et la surface du solénoïde étant de $0^{m^2},50$, nous aurons une induction de 12,7 gauss (l'induction étant égale au quotient du flux par la surface en centimètres carrés).

6° NOMBRE D'ÉTINCELLES A L'ÉCLATEUR. — Le nombre de décharges à l'éclateur en l'unité de temps est encore un facteur fort important à connaître.

Avec cette donnée, pour une installation déterminée on peut déduire des indications du milliampèremètre, employé toujours de la même façon, le rapport entre les valeurs vraies de chaque décharge, puisque l'amortissement est sensiblement toujours le même.

Ce nombre de décharges est fonction : 1° du nombre d'interruptions données par l'interrupteur ou de la fréquence du courant alternatif; 2° de la différence de potentiel maxima à l'éclateur.

Avec un interrupteur et une bobine on aura au minimum une décharge par interruption, quelquefois deux ou trois.

Sur transformateur à courant alternatif sans interrupteur nous avons obtenu, suivant le cas, depuis une décharge pour 6 à 8 alternances jusqu'à 20 ou 25 par alternance.

Nous pourrions donc conclure, si nous connaissions le nombre exact des décharges, que pour une même intensité efficace l'énergie disponible par chaque décharge est 150 fois plus grande dans le cas de 1 étincelle par 6 alternances que dans le cas de 25 étincelles par alternance. Sans avoir de valeurs exactes on aurait une valeur relative très intéressante, qu'il est utile de connaître et qui expliquerait peut-être des différences de résultats et certainement les divers aspects de l'effluve du résonnateur aux différents régimes.

Comment compter le nombre de décharges dans l'unité de temps? On peut, comme nous l'avons fait et comme vous pouvez le voir sur les épreuves ci-jointes, photographier conjointement l'étincelle et un arc à l'aide d'une plaque passant rapidement devant l'objectif. Ou encore placer sur le circuit de l'éclateur un éclateur supplémentaire à très faible longueur d'étincelle entre les pointes duquel on fera passer rapidement une bande de papier. Un diapason inscripteur donnera la mesure du temps, tandis que le nombre de trous par unités de temps renseignera sur le nombre de décharges.

Nous venons de passer en revue avec vous, au point de vue pratique, quelques-unes des méthodes de mesure les plus simples qu'il est possible d'appliquer en haute fréquence, pour se faire une idée de ce que sont les principales caractéristiques de ces courants.

Ces méthodes sont, hélas, le plus souvent bien indirectes et nous déplorons avec vous la multiplicité des variables qui rend si difficiles, et même presque impossibles, les comparaisons. Ce qui complique par surcroît la tâche de l'expérimentateur, c'est que les circuits de haute fréquence ne sont pas toujours simples comme dans le cas de la grande cage : dans le résonnateur, dans la chaise longue, nous avons affaire à des circuits multiples présentant par suite une période de vibration complexe, ce qui n'est pas fait pour simplifier les phénomènes. L'ondemètre en passant par plusieurs maxima décèle d'ailleurs cette complexité.

Un instant l'apparition de l'arc chantant comme générateur continu des courants de haute fréquence nous avait fait espérer une simplification notable dans la technique de ces courants; malheureusement ce procédé ne semble pas pouvoir être mis au point, de l'avis même de M. Blondel que nous avons consulté à ce sujet, pour les applications de haute fréquence à des puissances comparables à celles que nous employons actuellement.

([1]) *Voir* pour le détail, qui est trop technique pour être rapporté ici, les ouvrages du lieutenant de vaisseau Tissot, J.-E. Flemming, etc.

Ce rapport montre que nous possédons des méthodes permettant d'analyser les caractéristiques d'une appareillage et, au besoin, de faire des comparaisons. Une fois l'analyse faite, nous devons nous entourer d'instruments de contrôle particuliers à l'installation : milliampèremètre, fréquencemètre, comparateur d'induction, qui nous diront si les conditions d'application sont restées comparables à elles-mêmes; c'est là un résultat considérable.

Nous ne voulons pas terminer cette revue rapide sans adresser nos remercîments aux savants dont les travaux nous ont facilité l'établissement de ce rapport, et plus spécialement MM. d'Arsonval, Ferrié, Blondel, dont les conseils ne nous ont jamais fait défaut.

PHOTOMÉTRIE.

Nouveau photomètre-luxmètre, par A. BLONDEL (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — Je me suis occupé déjà antérieurement de la construction des photomètres et j'ai décrit un appareil universel étudié en collaboration avec M. André Broca pour utiliser le principe de la vision binoculaire qu'il avait découvert.

Dans le dispositif que je vais décrire aujourd'hui, j'ai renoncé à cette vision binoculaire à cause de la complication qu'elle entraîne, et je me suis proposé de chercher à obtenir la sensibilité par l'emploi d'écrans analogues à ceux de Lummer-Brodhun, et d'obtenir une construction simple et pratique permettant d'employer l'appareil non seulement comme photomètre de laboratoire, mais aussi comme luxmètre sur la voie publique. Le nouveau photomètre rentre dans la catégorie des photomètres à œil-de-chat, c'est-à-dire que l'on compare les éclairements produits sur l'écran par des disques en substance diffusante obturée plus ou moins par des diaphragmes à ouverture variable.

La nouveauté principale réside dans la combinaison d'un écran très petit formé par un système de prismes, avec une loupe de fort grossissement qui amplifie cet écran tout en permettant de concentrer dons l'œil tout le cône de rayons qui provient des plages photométriques suivant le principe du microphotomètre Cornu complété comme je le dirai plus loin.

Le système de prismes, grâce à ses petites dimensions (5^{mm} à 10^{mm} de côté), permet d'employer un appareil symétrique, c'est-à-dire de placer les deux surfaces diffusantes aux deux extrémités d'un tube au centre duquel est placé le système de prismes dont la figure 1

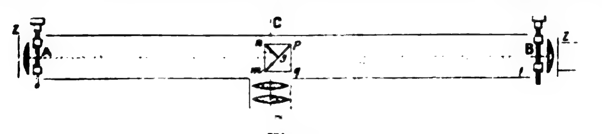


Fig. 1.

donne une coupe horizontale. AB désigne l'axe du tube, CD l'axe de visée de la loupe-doublet par laquelle regarde l'observateur, ZZ' les deux surfaces diffusantes dont on fait varier la surface par diaphragme. Le système de prismes comprend 3 prismes rectangulaires. Le plus grand, *mpq*, est argenté, suivant sa face hypoténuse *mp*; contre celle-ci sont collés deux autres prismes; l'un, *nsm*, argenté suivant sa face rectangle *ns* et l'autre, *nsp*, qui ne sert que de remplissage pour former un bloc des 3 prismes. La partie de l'hypoténuse *ns* du premier prisme porte, au voisinage de la ligne de visée DC, une ouverture ou grillage découpé avant le collage qui est fait avec du baume de Canada, de façon qu'on aperçoit en partie la face argentée *ns* du prisme qui est derrière. L'observateur peut recevoir ainsi, suivant la ligne de visée, des rayons provenant sous une obliquité très faible du diffuseur Z' après réflexion sur l'hypoténuse *pm* et du diffuseur Z après réflexion sur la face *ns*. La distance des diffuseurs Z et Z' à l'écran étant d'environ 18^{cm} à 20^{cm}, l'obliquité est tout à fait négligeable et, comme d'ailleurs elle est la même pour les deux écrans, elle affecte d'un même coefficient de réduction les deux éclairements, et ne modifie par conséquent pas leur égalisation.

Les fenêtres ménagées dans l'argenture de la face hypoténuse peuvent être de forme variée. Par exemple, j'emploie des échancrures alternées de 1^{mm} de largeur comme le représente la figure 2 dans laquelle les parties argentées sont couvertes de hachures. On réalise de cette manière un véritable écran à contraste analogue à celui bien connu de Lummer-Brodhun, ou bien j'emploie des cercles concentriques dont les rayons vont en croissant de 1^{mm} et qui sont alternativement argentés ou grattés, comme le représente la figure 3.


Fig. 2 à 4.

La meilleure disposition paraît être celle de la figure 4 dans laquelle un cercle est divisé en 4 secteurs égaux dont deux très argentés et dont les deux autres sont découpés; le cercle est limité par un diaphragme opaque. Les figures 2, 3, 4 représentent la moitié *ms* de la face argentée *mp*. La loupe employée est un doublet ayant un grossissement de 20 environ.

Le principe de Cornu consiste, comme on le sait, dans un écran formé d'un miroir à arête verticale permettant de voir les deux écrans des deux côtés de cette arête au moyen d'un microscope de faible grossissement, choisi de façon que les anneaux oculaires correspondant aux deux diffuseurs soient contenus à l'intérieur de la pupille de l'œil de l'observateur. Ce dispositif n'est pas applicable à la vision de l'écran tel que je l'emploie, parce que les microscopes de faible grossissement ont une distance frontale trop considérable pour recueillir tous les rayons qui ont passé par l'écran à observer, et que les microscopes à fort grossissement ne permettent pas la vision nette d'une fenêtre tracée sur une surface oblique comme l'est notre hypoténuse *mp*. La règle de Cornu est donc insuffisante en général; il y a en réalité trois conditions à remplir :

1° L'anneau oculaire du diffuseur, c'est-à-dire l'image de ce diffuseur par rapport au système optique, doit

être d'un diamètre inférieur à la pupille, et placé dans le plan de celle-ci autant que possible.

2° La lentille frontale de l'appareil d'observation doit être d'assez grand diamètre pour recueillir tous les rayons qui, tombant du diffuseur, ont passé par le contour extrême de l'écran observé.

3° La profondeur de foyer de l'appareil optique doit être suffisante pour permettre d'avoir une vision à peu près nette de toutes les parties de l'écran.

Ces conditions sont assez bien remplies par une loupe-doublet de grossissement de 20 environ, en combinaison avec des écrans diffuseurs de 35^{mm} de diamètre situés à 18^{cm} de l'écran.

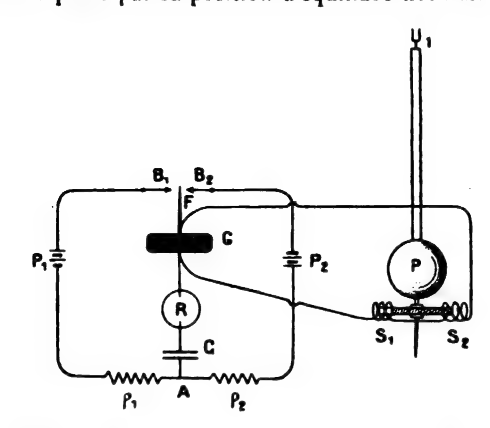
Pour le reste la disposition du photomètre est très simple; il convient de noter seulement la disposition nouvelle que j'ai donnée à mon œil-de-chat à ouverture rectangulaire. Cet œil-de-chat est composé comme on le sait de deux volets qui se déplacent en sens divers devant un diaphragme rectangulaire qui peut être changé à volonté pour modifier la hauteur devant laquelle se déplace le volet; de cette manière on obtient une sensibilité de lecture à peu près constante et les surfaces d'ouverture sont proportionnelles à l'écartement des volets.

Pour ne pas fatiguer la vis sans fin qui commande ceux-ci je dispose les volets verticaux et la lecture des déplacements se fait avec une grande précision au moyen d'un contour placé à l'extrémité de l'axe de la vis sur la face antérieure des boîtes en aluminium fondu qui portent les œils-de-chat; on obtient ainsi une facilité de lecture et une précision supérieures à celles des œils-de-chat antérieurement connus. Un miroir de 45° monté sur un tube qui s'emmanche à l'extrémité de l'une ou de l'autre des boîtes d'œils-de-chat et à laquelle est adaptée la surface diffusante au lieu de la placer devant la lentille de l'œil-de-chat, permet d'étudier les éclairements en dehors de l'appareil suivant une incidence quelconque; par exemple, pour l'étude de l'éclairage sur la voie publique, au lieu de mettre une surface diffusante sur l'ouverture du miroir à 45°, on peut placer une feuille de papier sur le sol et la viser à l'aide du miroir.

Pour l'emploi sur la voie publique on établit comme source de lumière une lampe à incandescence à filament rectiligne horizontal de quelques volts alimentée par une boîte portative d'accumulateurs; cette lampe est placée dans un capuchon qui s'adapte à l'extrémité d'une des boîtes d'œils-de-chat et il suffit d'ouvrir plus ou moins ceux-ci pour réduire à volonté la surface apparente du filament qui vient éclairer un petit écran diffusant que l'on place contre une des faces du système de prismes décrit plus haut.

L'appareil, construit entièrement en aluminium, est très léger et très portatif et est destiné surtout aux mesures d'éclairement faites à l'extérieur; l'emploi de la petite lampe à incandescence dont on vient de parler rend cet usage pratique.

Pendule libre entretenu électriquement sans contact, par HENRI CHRÉTIEN (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — On sait que, pour entretenir le mouvement d'un système vibrant amorti sans en modifier ni la période, ni la phase, il faut que la restitution de l'énergie que perd le système par frottement s'effectue dans certaines conditions : d'une part, pour qu'il n'y ait pas modification de la période, il faut que la restitution de l'énergie soit pratiquement instantanée ; d'autre part, il n'y aura pas modification de la phase si cette restitution a lieu au moment où le système passe par sa position d'équilibre normal.



Plusieurs dispositifs ont été imaginés par divers physiciens, en particulier par M. Lippmann, pour réaliser dans ces conditions l'entretien du pendule. M. Chrétien en a étudié un autre indiqué par la figure ci-jointe.

A la tige du pendule est fixé un aimant qui oscille à l'intérieur des solénoïdes S_1 et S_2 et induit dans ceux-ci des forces électromotrices très sensiblement sinusoïdales. Si l'on ferme le circuit de ces solénoïdes sur un galvanomètre à cadre mobile G, ce cadre prendra lui-même un mouvement pendulaire qui amènera successivement l'extrémité de l'aiguille de platine F, solidaire du cadre, en contact avec l'une des butées B_1, B_2. A chaque contact, une pile P_1 ou P_2 charge le condensateur C, monté en série avec le galvanomètre et un relais Siemens R ; une fraction du courant de charge traverse donc le cadre et maintient l'aiguille F appliquée contre la butée correspondante ; une autre fraction, réglable à volonté par le jeu d'une résistance, se dérive dans le circuit des solénoïdes et donne au pendule l'impulsion nécessaire à son entretien. Le courant de charge et, par suite, l'impulsion ne durent qu'un temps très court, de l'ordre du dix-millième de seconde.

Dans un appareil essayé par l'auteur, les deux piles P_1 et P_2, montées en opposition de façon que les courants de charge du condensateur C soient alternativement d'un sens puis de l'autre, sont formées chacune de 10 éléments Leclanché, dont le liquide est recouvert d'une légère couche de pétrole pour éviter l'évaporation. La capacité du condensateur C est de 1 microfarad; les résistances ρ_1 et ρ_2 sont de 3000 ohms. L'auteur se préoccupe, d'ailleurs, de rechercher les constantes de construction qui assurent les meilleures conditions de stabilité.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Sur la démonstration de la formule de Nernst pour les piles à électrodes identiques et sur les valeurs des pressions de dissolution, par BERNARD BRUNHES et JOSEPH GUYOT (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — Les auteurs donnent, de la formule de Nernst pour les piles à électrolytes identiques, une démonstration qui présente, sur la démonstration classique, l'avantage de ne pas faire intervenir la pression de dissolution.

Entre les deux solutions d'un même électrolyte de concentrations différentes, ayant des pressions osmotiques ϖ_1 et ϖ_2, existe une différence de potentiel qui serait nulle si les ions, supposés de même valence, avaient même nombre de transport, et qui prend une valeur proportionnelle au logarithme du rapport $\frac{\varpi_1}{\varpi_2}$, s'il y a une différence entre les nombres de transport des deux ions. Comme cas limite, si l'un des ions était immobile, le rapport $\frac{u-v}{u+v}$ de la différence à la somme des vitesses des deux ions se réduirait à ± 1, l'électricité n'étant transportée que par le seul ion mobile. C'est ce qui se trouve réalisé si, par exemple, on intercale une électrode de zinc entre deux solutions inégalement concentrées de chlorure de zinc. A travers la cloison de zinc, le chlore ne pourra pas passer; comme par hypothèse le dépôt de zinc d'un côté de l'électrode et sa dissolution de l'autre ne changent rien à l'électrode, il reste au total que tout se passe entre les deux solutions séparées par l'électrode comme si l'anion avait un nombre de transport nul. On en déduit une somme algébrique des deux différences de potentiel aux électrodes dans une pile de concentration, qui, ajoutée à la différence de potentiel vraie au contact des deux solutions, reproduit la formule connue pour la force électromotrice de la pile, sans avoir invoqué à aucun moment l'existence d'une pression de dissolution.

Après avoir présenté cette communication, M. B. Brunhes fait la remarque suivante :

Il résulte des travaux récents de M. Guyot (*Journal de Physique*, juillet 1907) que la théorie de Nernst est incompatible avec l'hypothèse déduite de la théorie ordinaire de l'électrocapillarité d'après laquelle la différence de potentiel mercure-électrolyte est nulle à l'instant du maximum de la constante capillaire. Par suite le nombre 0,560 volt, donné par les physiciens allemands, pour la différence de potentiel vraie entre le mercure saupoudré de calomel et le chlorure de potassium normal, est à rejeter, et toutes ces déterminations numériques sont à reprendre.

Production rapide d'un vide avancé par la chaux éteinte, par A. HENRY (Communication faite au Congrès de Reims de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1907). — L'auteur a constaté que la chaux éteinte correspondant à la formule $Ca(OH)^2$ émet de la vapeur d'eau quand on la chauffe et que les tensions de dissociation sont :

à 85°	99°,6	126°	145°
2^mm,4	5^mm,5	15^mm,34	28^mm

La réabsorption de la vapeur d'eau à la température ordinaire est rapide et la pression devient très faible. M. Henry a utilisé ces faits pour obtenir rapidement dans un tube le vide de Crookes.

Pour cela on soude à l'une des extrémités du tube une ampoule contenant environ 30^g de chaux éteinte et, à l'autre extrémité, une seconde ampoule contenant une substance avide d'eau, de la potasse caustique par exemple. Cette dernière ampoule est en communication avec une machine pneumatique ordinaire ou une trompe à eau. Tandis que l'on fait le vide avec la machine pneumatique, on chauffe, avec une lampe à alcool, la chaux qui se dissocie : la vapeur d'eau chasse l'air. Après 2 ou 3 minutes de chauffe on ferme à la lampe le tube à électrodes pour le séparer du tube à potasse, puis on laisse refroidir la chaux. En moins d'une demi-heure la réabsorption est suffisante pour que les rayons cathodiques puissent se produire.

Un tel tube, laissé en communication avec l'ampoule à chaux, se prête bien à la réalisation des différentes formes de décharge. Tandis que la décharge éclate, on réchauffe la chaux avec une lampe à alcool : des strates apparaissent; on arrive en 2 minutes à l'apparence des tubes de Geissler. On laisse refroidir : en moins de 5 minutes les strates disparaissent et les rayons cathodiques sont de nouveau constatés à l'aimant.

Un tube de 1^m de long, vide par ce procédé, devient lumineux dans le voisinage d'un transformateur Tesla.

M. Henry a essayé de remplacer la chaux par la baryte; il a obtenu les mêmes résultats.

Biréfringence magnétique de certains liquides organiques non colloïdaux, par A. COTTON et H. MOUTON (*Comptes rendus*, t. CXLV, 22 juillet 1907, p. 229). — La biréfringence magnétique n'avait été jusqu'ici constatée qu'avec les liquides colloïdaux. Après plusieurs essais infructueux, les auteurs sont parvenus, avec des champs magnétiques plus intenses et une méthode optique plus sensible, à la mettre en évidence sur la nitrobenzine et quelques autres liquides de la série aromatique. Au point de vue théorique, c'est là un résultat fort important.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CONGRÈS DE REIMS

DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES.

Le 36e Congrès annuel de l'Association française pour l'avancement des Sciences, de l'A.F.A.S., suivant une abréviation commode, a eu lieu cette année à Reims, du 1er au 7 août.

Suivant l'usage, les réceptions et promenades alternèrent avec les séances de section, mêlant ainsi l'agréable à l'utile. Outre la soirée officielle donnée en l'honneur de l'Association par la Municipalité de Reims dans son magnifique Hôtel de Ville, des réceptions privées furent offertes par M. le docteur Henrot, président de l'A.F.A.S. et ancien maire de Reims, M. le docteur et Mme Lardennois, M. le docteur et Mme Mencière. De leur côté, MM. Moët et Chandon, après avoir fait visiter leurs caves d'Épernay, offraient aux congressistes venus à cette visite et dont le nombre dépassait 250, un banquet où les meilleurs des bordeaux rivalisaient avec les champagnes les plus estimés. Enfin, les nombreux industriels, Delbeck, Goulet, Heidsiek, Mumm, Pommery, Rœderer, Ruinart, de Saint-Marceaux, Cama, Lelarge, Pouleau, etc., qui voulurent bien montrer aux congressistes leurs installations, ne se bornèrent pas à donner les explications les plus détaillées sur le fonctionnement de celles-ci, mais tinrent aussi à leur faire déguster les meilleurs produits du vignoble champenois. Mais laissons ce sujet sur lequel on ne saurait insister dans une revue technique comme celle-ci et que nous n'avons soulevé que pour nous permettre de tenir la promesse faite par nous aux membres de la section de Physique : remercier publiquement tous ceux qui nous ont si cordialement accueillis, ainsi que les membres du Comité rémois qui a su organiser si agréablement le Congrès.

Le nombre des membres de l'Association venus à Reims ne différait guère de celui relevé lors des derniers Congrès (400 environ). Comme de coutume, les congressistes étaient très inégalement répartis entre les 20 sections qui composent l'A.F.A.S. Alors que dans certaines sections, comme celles des Sciences médicales, d'Électricité médicale, d'Économie politique, d'Archéologie, etc., de nombreuses communications étaient discutées par un imposant auditoire, d'autres sections, qu'il vaut mieux ne pas désigner, ne montraient, malgré les louables efforts de leurs présidents, qu'une chétive vitalité. Le fait est d'autant plus surprenant qu'à l'Associatian britannique pour l'avancement des Sciences, qui a servi de modèle à l'Association française, ce sont précisément ces dernières sections qui sont les plus prospères. Peut-être est-il attribuable à ce que, pendant trop longtemps, les professeurs et ingénieurs ont délaissé les Congrès de l'A.F.A.S., alors que les lord Kelvin, les Crookes, les Ramsay, les J.-J. Thomson, les S.-P. Thompson, etc. ne manquaient pas d'honorer de leur présence les meetings de la British Association. Si cette raison est exacte, et nous croyons personnellement qu'elle l'est, au moins en partie, il est à espérer que la présence de MM. Appell, Giard, Haller, Lippmann, etc., constatée cette année au Congrès de Reims, rendra, si elle se continue aux prochains Congrès, quelque vitalité aux sections auxquelles nous faisions allusion.

Obligé par nos fonctions de président de la section de Physique de suivre assidûment les séances de cette section, nous n'avons pu, comme les années précédentes, nous tenir au courant des communications intéressant nos lecteurs faites dans les autres sections. Nous ne parlerons donc ici que des communications faites à cette section.

Disons immédiatement que, à notre grand regret, le nombre des communications présentées à cette section est notablement inférieur à celui des travaux qui furent présentés à quelques Congrès antérieurs, par exemple celui de Montauban, présidé par M. Mathias; celui d'Angers, présidé par M. Turpain; enfin celui de Grenoble, présidé par M. Pionchon. Mais, si nous avons à regretter la quantité, la qualité n'a pas fait défaut, comme on pourra s'en convaincre par les noms des auteurs des rapports et communications, à la publication desquels ce numéro est presque entièrement consacré.

Parmi les questions mises à l'ordre du jour des travaux de la section se trouvait l'*Étude de l'arc électrique envisagé dans ses applications à la production de la lumière, à la production d'ondes hertziennes, enfin à la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air*.

Sur le premier point, M. A. Blondel a écrit un magistral Rapport (que l'on trouvera page 80 de ce numéro), dans lequel il montre quelle est la part de l'incandescence et celle de la luminescence dans les nouveaux dispositifs d'arcs électriques mis en pratique dans ces dernières années; de leur côté MM. Guye et Zebrikoff ont fait part d'expériences

indiquant que la relation capitale trouvée par Mme Ayrton pour l'arc entre charbons est applicable aux arcs entre métaux (*voir* p. 87).

Le second point, la production d'ondes hertziennes par l'arc, a été traité par M. Turpain et par le lieutenant de vaisseau Tissot. Les considérations contenues dans le Rapport de M. Turpain ayant été présentées ici même dans un article plus étendu publié récemment (numéro du 30 juin 1907, p. 357 à 369), nous n'y reviendrons pas. Quant au rapport de M. Tissot, se rapportant spécialement à la téléphonie sans fil, il est reproduit page 73. Sur ce même sujet signalons les deux Notes présentées par M. Blondel (*voir* p. 74 et 76); dans la première, l'auteur montre que, dès 1902, il faisait breveter un dispositif pour la production continue d'ondes électriques ne différant pas du dispositif de Poulsen; dans la seconde, il indique quelques perfectionnements au dispositif primitif.

La troisième partie de la question, l'application de l'arc électrique à la fabrication de l'acide azotique, a été traitée par nous. Comme ce rapport n'est qu'un point d'une étude plus étendue devant paraître dans un prochain numéro, nous ne faisons que le signaler. Notons-en seulement l'un des points essentiels : suivant les idées actuelles, l'arc n'agirait que comme source calorifique, et le phénomène de la combinaison de l'azote et de l'oxygène se rattacherait étroitement à la dissociation des systèmes homogènes; or, de même que, dans la production de la lumière, il y a lieu de distinguer la luminescence de l'incandescence, il semble bien que le rôle chimique de l'arc doive être de double nature : une action purement calorifique et une autre produisant une ionisation à température relativement basse. Cette hypothèse expliquerait pourquoi les arcs à vapeurs métalliques, où l'ionisation est très grande, fournissent une quantité de vapeurs nitreuses beucoup plus considérable que les arcs ordinaires. Ce double rôle de l'arc est d'ailleurs admis par M. Birkeland, qui fait actuellement des expériences en vue de la mettre en évidence et de trouver ainsi un moyen d'augmenter le rendement des appareils producteurs d'acide azotique.

Une autre question mise à l'ordre du jour est la *Production de la lumière par incandescence;* elle se rattachait à la première partie de la question précédente et a été l'objet d'un rapport très suggestif de M. Ch.-E. Guillaume reproduit page 78.

Enfin, une troisième question, déjà mise à l'ordre du jour du Congrès de Cherbourg, est celle des *Détecteurs magnétiques*. MM. Maurain et Tissot ont écrit à ce propos un rapport qu'on trouvera page 68; des renseignements plus détaillés sur le même sujet ont d'ailleurs été publiés antérieurement ici (numéro du 30 mars 1907, p. 182-189).

Ces diverses questions n'ayant pu être l'objet d'une discussion approfondie au Congrès de Reims, la section de Physique a décidé qu'elles resteraient à l'ordre du jour du prochain Congrès, qui se tiendra à Clermont-Ferrand. Elle a, en outre, émis le vœu que, en raison de l'importance des applications de l'arc électrique, une subvention de 1500^{fr} soit accordée par l'A.F.A.S. pour une étude systématique de l'arc. Espérons donc que l'an prochain nous aurons à enregistrer des progrès intéressants dans nos connaissances sur l'arc électrique.

Ne quittons pas les questions mises à l'avance à l'ordre du jour sans signaler celle des *Mesures relatives aux courants de haute fréquence,* proposée par la section d'Électricité médicale et discutée devant la section de Physique réunie à cette dernière. Cette question a été l'objet d'un intéressant rapport de M. Gaiffe, reproduit page 88. A la suite de la discussion, il a été décidé que la question resterait à l'ordre du jour du prochain Congrès et que MM. Turpain et le docteur Bergonié feraient un rapport sur les progrès accomplis pendant l'année.

Il nous reste à parler des communications. L'une d'elles, due à M. A. Henry, professeur au Lycée de Reims et vice-président de la section de Physique, est analysée page 66; M. Henry y montre que deux interrupteurs Wehnelt en série donnent, pour la production des courants de haute fréquence, un rendement plus élevé qu'un seul interrupteur. Dans une seconde communication (p. 93) M. Henry indique un procédé simple pour produire un vide très avancé, le vide de Crookes, très rapidement, sans avoir besoin d'autre appareil que d'une trompe à eau ou d'une machine pneumatique ordinaire; ce procédé sera très apprécié dans les laboratoires ne disposant que de modestes ressources.

A la Télégraphie sans fil se rattache la note de M. Devaux sur la commande à distance sans fil où l'auteur montre (p. 67) qu'une bonne partie de ce problème peut être considérée comme aujourd'hui résolue.

Les Applications thermiques de l'électricité furent l'objet d'une note de M. Goisot, dans laquelle celui-ci décrit le procédé de chauffage par chaufferettes électriques qui sera utilisé cet hiver dans les voitures des tramways de Reims.

Dans le domaine des Mesures, nous avons à signaler une note de M. Blondel sur un nouveau luxmètre (p. 91) et une de M. Chrétien sur un mode d'entretien du pendule (p. 92). Dans les Travaux scientifiques (p. 93) se trouvent analysées une communication de MM. Brunhes et Guyot sur la théorie de Nersot et une des notes de M. Henry indiquée plus haut. Le défaut de place nous oblige à

remettre à un prochain numéro l'analyse d'une remarquable étude de M. Rothé sur l'ionisation des gaz, et celle d'une note de M. Courty sur des phénomènes de radioactivité solaire.

Diverses autres communications se rapportant à des sujets étrangers à l'électricité ont été également présentées à la section de Physique. Le caractère de ce journal nous force à les passer sous silence; que leurs auteurs nous excusent.

Quelques-unes des communications faites à la section d'Electricité médicale auraient sans doute quelque intérêt pour nos lecteurs; nous y reviendrons quand nous en aurons pris connaissance. Disons toutefois que cette section avait, comme au précédent congrès de Lyon, organisé une exposition d'appareils électromédicaux; la maison Gaiffe y présentait de nombreux appareils, dont deux modèles d'ondemètre du capitaine Ferrié.

En terminant ce trop succinct compte rendu, remercions les diverses personnes qui ont contribué aux travaux de la section de Physique : les auteurs des rapports et des communications; M. Lippmann, président d'honneur; M. A. Henry, vice-président, et M. Dixsaut, professeur au Lycée de Reims, secrétaire de la section. J. Blondin.

INFORMATIONS DIVERSES.

École supérieure d'Électricité. — Les élèves dont les noms suivent ont obtenu le diplôme d'Ingénieur-Électricien :

MM.	MM.
1. Braillard.	28. Doat.
2. Joly.	29. Chassériaud.
3. Bureau.	30. Néré.
4. Manaut.	31. Darbois.
5. Klein.	32. Lequerler.
6. Fournier.	33. Prékel.
7. Chotard.	34. Grente.
8. Pichon.	35. Mychencov.
9. Perrin (A.).	36. Eclancher.
10. Belfils.	37. Berrier.
11. Jouvion.	38. Giraud-Teulon.
12. Bertreux.	39. Lafargue.
13. Cantelaude.	40. Rollin.
14. Kesseldorfer.	41. Debrailly.
15. Calmettes.	42. Réol.
16. Paschal.	43. Boujus.
17. Kissel.	44. Guillemin.
18. Roiewski.	45. Barillot.
19. Châlons.	46. Bumsel.
20. David.	47. Souben.
21. Cannic.	48. Cabaret.
22. Marget.	49. Bitzkowsky.
23. Giraud.	50. De la Gorce.
24. De Vernisy.	51. Paulmier.
25. Thomé.	52. Dumay.
26. Rhul.	53. Viot de Méry.
27. Gariel.	54. Lehmann-Bing.

MM.	MM.
55. Lautré.	64. Bousser.
56. Lapresle.	65. Lemaître.
57. Kosturkiewicz.	66. Galibert.
58. Fillonneau.	67. Lecocq.
59. Dazelle.	68. Rousseau.
60. Picot.	69. Ariès.
61. Berger.	70. De Nuchèze.
62. Lemoine.	71. Delort.
63. Pailleret.	72. Ledeuil.

Officiers délégués par le Ministère de la Guerre : MM. les Capitaines Robin, Perrin (J.), Bons, Hublot.

Élèves-ingénieurs délégués par le Ministère des Postes et Télégraphes : MM. Bouthillon, Hardy.

Anciens élèves : MM. Coquelet, Chrétien, Pitulesco, Priluker, Medynski.

École pratique d'Électricité industrielle. — Le Jury de sortie, présidé par M. Eugène Sartiaux, ingénieur, chef des Services électriques des Chemins de fer du Nord, et composé de MM. Blondin; Labour, ingénieur-directeur technique de la Société l'Éclairage électrique; Maurice Leblanc, ingénieur-conseil des Sociétés Westinghouse; Charles Mildé, ingénieur-constructeur; Robart, administrateur-délégué de la Société l'Éclairage électrique; Zetter, directeur de la maison Grivolas; Charliat, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur; et des professeurs de l'École, a décerné le diplôme aux élèves dont les noms, par ordre de mérite, sont :

MM.	MM.
1. Quennié.	13. Robinet.
2. Boillot.	14. Catherineau.
3. Comin.	15. Leboutte.
4. Malandrin.	16. Garbarini.
5. Gaigé.	17. Ollivier.
6. Sarazin.	18. Pierson.
7. Lebourg.	19. Toury.
8. Chardin.	20. Sergot.
9. Paudin de Lussaudière.	21. Lair.
10. Roussillon.	22. Molinié.
11 Ex-æquo. { Chaboche.	23. Dulac.
Veillart.	24. Hennegrave (Ch.).

Le certificat d'études a, en outre, été décerné aux élèves :

MM.	MM.
1. Deglaire.	4. Moine.
2. Dromel.	5. Fouquet.
3. Gaudier.	6. Petit.

Applications mécaniques : Protection des moteurs contre la poussière. — Dans certaines applications des moteurs électriques, il est difficile de protéger ceux-ci contre la poussière : tel est, par exemple, le cas où les moteurs commandent des meules à polir. Dans *Electrical World* du 4 mai, M. Williams, après avoir décrit les procédés ordinairement employés et fait ressortir leurs inconvénients, propose de réunir plusieurs des coffres protecteurs de moteurs par des conduites dans lesquelles un ventilateur insuffle de l'air froid. Le nombre des coffres ainsi relié ne doit pas être par trop élevé pour que l'air arrive encore frais au dernier et puisse ventiler suffisamment le moteur.

Tome VIII. **N° 88. — 30 août 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS

Détermination du coefficient de fuites magnétiques des dynamos, par R. POHL (*Electrician,* t. LIX, 24 mai 1907, p. 215). — On cherche souvent une méthode simple pour déterminer expérimentalement le coefficient de fuites (coefficient d'Hopkinson) des pôles principaux ou auxiliaires. La détermination effectuée à l'aide du galvanomètre balistique demande toutes les ressources d'un laboratoire bien monté.

Un procédé imaginé par Goldschmidt est très simple, mais présente certains désavantages [1]. L'auteur décrit deux méthodes de zéro pour la détermination directe du coefficient de dispersion magnétique. Elles exigent seulement l'emploi de résistances de valeur connue comme on en trouve, par exemple, dans les boîtes à pont, et un galvanomètre sensible en relation avec un pont de Wheatstone. Elles ne nécessitent l'enroulement que d'un très petit nombre de tours de fil : dans bien des cas deux spires seulement, l'une placée autour d'un pôle, l'autre sur l'armature, suffisant pour donner des résultats précis.

Première méthode, dérivée du pont de Wheatstone. — Le montage est représenté figure 1. Lors de l'établissement ou de la rupture du courant inducteur, une force électromotrice est induite dans chacune des spires. Les sens d'enroulement sont tels que ces forces électromotrices s'ajoutent pour donner un courant dans le circuit. Si le galvanomètre n'accuse pas de déviation c'est que la chute de tension dans la résistance compense la force électromotrice induite dans la spire; le coefficient de fuite est égal (*voir* la figure 1) à $\frac{R_{pôle}}{R_{armature}}$.

A titre d'exemple, nous pouvons commencer par in-

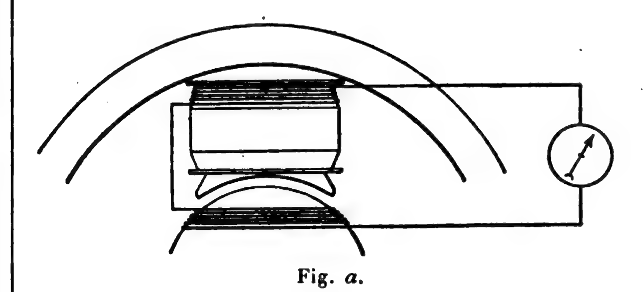


Fig. *a.*

[1] Cette méthode (*fig. a*) consiste à opposer sur un millivoltmètre deux bobinages effectués, l'un sur le pôle, l'autre sur l'induit et comportant un nombre inégal de spires. Le millivoltmètre ne doit pas bouger quand on établit ou rompt le circuit inducteur, le coefficient cherché est égal au rapport des nombres de spires.

sérer 1000 ohms dans $R_{armature}$ et augmenter $R_{pôle}$, en commençant par 1000 ohms, jusqu'à ce qu'on n'obtienne

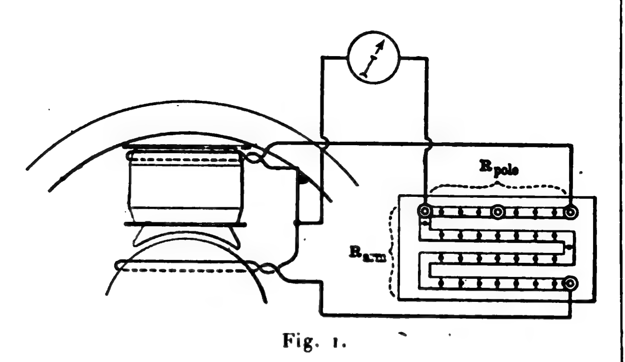


Fig. 1.

pas de déviation en ouvrant le circuit d'excitation. Si ceci se produit pour le $R_{pôle}$ égal à 1150, le coefficient de fuite sera de

1,15.

DEUXIÈME MÉTHODE, dérivée des méthodes potentiométriques. — Le montage est représenté figure 2. L'enroulement disposé sur le pôle est mis en série sur la totalité de la boîte à pont, tandis que l'enroulement disposé sur l'armature, comportant, d'ailleurs, l'un et l'autre le même nombre de spires, est disposé en dérivation par l'intermédiaire du galvanomètre sur une portion seulement de la boîte. Supposant le coefficient toujours égal à 1,15, nous aurons, par exemple,

$$R_{armature} = 1000 \text{ ohms}$$

et

$$R_{pôle} = R_{armature} + 150 \text{ ohms}$$

pour les conditions correspondant au maintien au zéro de l'aiguille du galvanomètre.

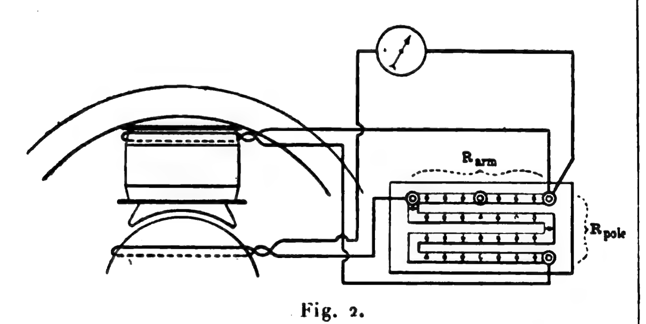


Fig. 2.

Cette méthode fournit des résultats très exacts, et le temps nécessaire pour le montage ne dépasse pas quelques minutes; même pour de petites machines un enroulement d'un tour suffit. Le galvanomètre employé était à cadre mobile et de grande sensibilité. Si un simple millivoltmètre est utilisé, on doit disposer plusieurs tours de fil, mais dans la plupart des cas trois ou quatre tours suffiront.

P. BOURGUIGNON.

ACCUMULATEURS.

Les réactions de l'accumulateur fer-nickel. L'électrode positive, par F. FŒRSTER (*Zeitschrift für Elektrochemie,* t. XIII, 12 juillet 1907, p. 414). — En premier lieu, l'auteur a recherché la composition du produit formé par l'oxydation électrolytique de $Ni(OH)^2$.

COMPOSITION DU PRODUIT RÉSULTANT DE L'OXYDATION ÉLECTROLYTIQUE DE $Ni(OH)^2$. — Prenant des poches rectangulaires Edison de $7^{cm},5 \times 2^{cm},5$ remplies d'un mélange d'hydroxyde de nickel et de graphite (22 pour 100), il constata d'abord que la matière ainsi préparée, séchée dans le vide en présence d'acide sulfurique, avait bien la composition $Ni(OH)^2$. Il chargea ensuite chaque poche entre deux électrodes-fer dans 100^{cm^3} de solution 2,8 fois normale de potasse (157^g KOH par litre) à une intensité de 0,1 amp. Après une forte surcharge, on prélevait rapidement une partie de la matière et l'on déterminait le rapport du nickel à l'oxygène actif. L'oxygène actif était dosé à l'aide de l'eau oxygénée en présence d'acide sulfurique.

Pour 1 atome Ni, on trouvait 0,56 atome d'oxygène actif sur une électrode ayant été chargée 46 heures à la température de 18° à 20°.

Sur une électrode ayant été chargée 72 heures à 0°, on trouvait 0,54 atome d'oxygène actif pour 1 de nickel.

En opérant par la méthode à l'acide chlorhydrique avec dosage du chlore dégagé, on trouvait 0,53 atome d'oxygène actif pour 1 de nickel sur un échantillon ayant été chargé 41 heures à 18° à 20°.

Ces déterminations montrent que, dans une électrode positive fraîchement chargée, l'oxydation va un peu plus loin que Ni^2O^3 (0,5 atome d'oxygène actif pour 1 de nickel). Comme entre la fin de la charge et le début de l'analyse il y a dégagement d'oxygène de la matière active, on peut considérer que celle-ci renferme au moins 8 pour 100 du nickel à l'état de NiO^2 et le reste à l'état de Ni^2O^3.

Pour pouvoir comparer la composition de la matière chargée à celle de la matière déchargée, on analysa la première à l'état sec. A cet effet, la matière chargée, lavée à l'eau froide jusqu'à complète disparition de réaction alcaline, fut fortement comprimée entre des feuilles de papier à filtre, puis séchée dans le vide en présence d'acide sulfurique jusqu'à constance de poids. L'analyse indiquait pour la matière sèche la composition Ni^2O^3, 1,1 à 1,3 H^2O. Ainsi, le peroxyde de nickel disparaît pendant le séchage. Ni^2O^3 est, au contraire, très stable et, après 9 mois à l'état sec, l'auteur n'a pas constaté de changement dans la composition de la matière positive.

Dans la solution alcaline, l'oxyde Ni^2O^3 n'est pas stable. Après une semaine dans la potasse 2,8 fois normale, la teneur en oxygène actif baisse de 0,49 à 0,48 pour 1 de nickel, à la température ordinaire. A 75° la décomposition est très rapide et après 24 heures il n'y a plus que 0,28 d'oxygène actif; après 48 heures, il n'y en a que 0,22 pour 1 de nickel.

On sait que Zedner [1] a indiqué comme composition

[1] *La Revue électrique,* t. VI, 15 sept. 1906, p. 130.

de la matière positive chargée $Ni^2O^3, 3H^2O$; mais il déterminait la teneur en eau par différence et, d'après l'auteur, comptait ainsi comme eau des sels très difficiles à éliminer du dépôt de Ni^2O^3 effectué sur l'anode de platine.

Sur la manière d'agir de l'électrode-nickel chargée, laissée au repos. — Dans une deuxième série d'études, F. Fœrster a examiné les actions qui se produisent sur la positive chargée, laissée au repos.

Lorsqu'on abandonne à elle-même la positive fraîchement chargée, son potentiel baisse rapidement d'abord, lentement ensuite jusqu'à la valeur correspondant au potentiel de Ni^2O^3. C'est ce qu'indique le Tableau suivant :

Électrode A.			Électrode B.			Électrode C.		
Temps depuis la fin de la charge.	π en volt.	ε_h en volt.	Temps depuis la fin de la charge.	π en volt.	ε_h en volt.	Temps depuis la fin de la charge.	π en volt.	ε_h en volt.
4 minutes	0,324	−0,607				15 minutes	0,314	−0,597
15 »	0,314	−0,597				1,5 heure	0,299	−0,582
50 »	0,302	−0,585				3 »	0,295	−0,578
1,5 heure	0,290	−0,573				7 »	0,282	−0,565
6 »	0,281	−0,564				1 jour	0,273	−0,556
1 jour	0,269	−0,552				2 »	0,265	−0,548
2 »	0,256	−0,539				3 »	0,260	−0,543
3 »	0,251	−0,534				4 »	0,256	−0,539
4 »	0,247	−0,530				5 »	0,254	−0,537
6 »	0,241	−0,524				9 »	0,246	−0,529
8 »	0,233	−0,516				11 »	0,242	−0,525
12 »	0,225	−0,508				16 »	0,232	−0,515
15 »	0,219	−0,502				23 »	0,222	−0,505
18 »	0,209	−0,492				30 »	0,213	−0,496
21 »	0,204	−0,487	23 jours	0,220	−0,503	37 »	0,205	−0,488
25 »	0,194	−0,477	30 »	0,215	−0,498	44 »	0,199	−0,482
33 »	0,188	−0,471	37 »	0,209	−0,492	49 »	0,198	−0,481
38 »	0,187	−0,470	44 »	0,204	−0,487	59 »	0,198	−0,481
61 »	0,186	−0,469	51 »	0,204	−0,487			

Les positives avaient reçu une forte surcharge de 4 à 5 amp.-heures à 0,1 à 0,2 amp. dans la potasse 2,8 fois normale. Le potentiel π était mesuré avec l'électromètre capillaire en prenant comme électrode auxiliaire l'électrode normale au calomel, celle-ci formant le pôle négatif de la chaîne. Les valeurs ε_h ont été calculées en ajoutant 0,283 volt, le potentiel de l'électrode au calomel étant — 0,283 volt par rapport à celui de l'électrode-hydrogène. Les valeurs ε_h sont donc celles du potentiel anodique en prenant l'électrode-hydrogène comme électrode auxiliaire.

L'électrode A arrive à un potentiel constant un peu inférieur à celui (— 0,48 volt à — 0,49 volt) que l'on constate en général.

L'analyse de la matière après obtention du potentiel constant $\varepsilon_h = -0,49$ volt montrait que celle-ci est bien Ni^2O^3.

Si l'on tient compte de ce fait que Zedner opérait avec de la potasse à 25 pour 100, on trouve en amenant les électrodes A et B à cette concentration 0,146 volt (A) et 0,162 volt (B) avec l'électrode-calomel, soit 1,746 volt (A) et 1,761 volt (B) avec l'électrode-zinc de Zedner. Ce sont très sensiblement ces mêmes valeurs qne Zedner obtenait avec son Ni^2O^3 préparé électrolytiquement. C'est donc bien au même corps Ni^2O^3 que l'on a affaire dans la plaque positive.

La chute initiale de potentiel de l'électrode positive serait provoquée, d'après F. Fœrster, par la décomposition de NiO^2 en Ni^2O^3, la matière constituant une solution solide de NiO^2 dans Ni^2O^3.

C'est au dégagement d'oxygène provenant de la décomposition de NiO^2 que cet auteur attribue les actions locales. Sur un élément Edison E_{18} auquel on donnait une charge de 140 amp.-heures à 40 amp., on trouvait, à la décharge à 30 amp. jusque 0,8 volt aux bornes, 87 amp.-heures quand la décharge suivait immédiatement la charge. Avec un repos d'une demi-heure, cette capacité baissait à 84 amp.-heures. Elle n'était plus que de 80 amp.-heures après un repos de 18 heures et que de 75 amp.-heures après un repos de 4 jours. En mesurant la quantité d'oxygène dégagé par l'élément, on trouve cependant qu'elle ne correspond qu'à 5,5-5,9 amp.-heures (chiffres trouvés sur deux éléments). D'après F. Fœrster, la différence s'explique par ce fait qu'une partie de l'oxygène reste dissoute dans l'électrolyte et agit sur l'électrode-fer.

Sur la manière d'agir de l'électrode-nickel en décharge et en charge. — F. Fœrster a étudié ensuite l'allure de la décharge et de la charge de l'anode. Le potentiel anodique π était mesuré comme ci-dessus avec l'électrode normale au calomel. Les courbes de la figure 1 ont été tracées en prenant comme ordonnées les ten-



sions anodiques (anodenpotential) par rapport à l'hydrogène $\varepsilon_h = -0,283 - \pi$. En abscisses on a porté les quantités d'électricité (ampere-minuten). Pour la décharge (Entladung) les courbes doivent être lues de gauche à droite, pour la charge (Ladung) elles doivent être lues de droite à gauche. En bas et à gauche, on a figuré à plus grande échelle le début de la décharge.

La courbe *a* se rapporte à un élément renfermant

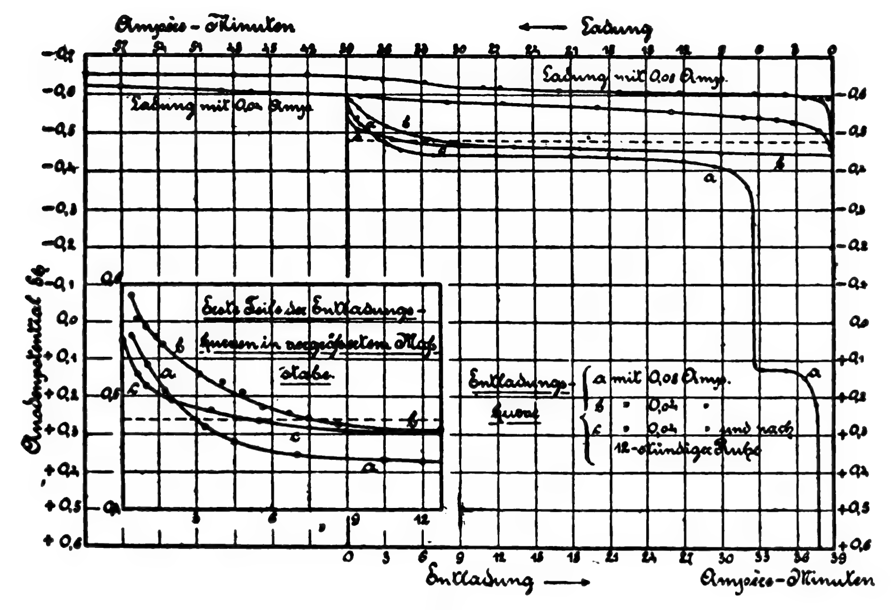


Fig. 1.

une plaque positive entre deux négatives et déchargé à 0,08 amp. Les courbes *b* et *c* se rapportent à un élément renfermant une négative entre deux positives et déchargé à 0,08 amp., soit 0,04 amp. par positive. Avant les décharges tracées ici, les éléments chargeaient 14 à 15 heures à 0,1 amp. Les décharges *a*, *b* suivaient immédiatement la charge. Au contraire, entre les décharges *a*, *b*, *c* et les charges suivantes tracées sur la figure 1, on laissait un intervalle de repos de 15 heures. Le premier élément était chargé à 0,08 amp. et les deux autres à 0,04 amp. par positive. La ligne ponctuée à $\varepsilon_h = -0,48$ volt correspond au potentiel de Ni^2O^3 dans la potasse 2,8 fois normale.

La décharge complète n'est donnée que par la courbe *a* qui présente les deux paliers connus. Le coup de fouet des courbes, c'est-à-dire la partie précédant le premier palier et qui débute à un potentiel plus élevé que celui de Ni^2O^3, est donné par la décharge de la petite quantité de NiO^2. Dans la courbe *c* il y avait un intervalle de repos de 12 heures avant la décharge. Pendant ce repos, une partie du NiO^2 s'est décomposée avec dégagement d'oxygène. C'est pour cette raison que le coup de fouet de la courbe *c* est bien moins prononcé que celui de la courbe *b*.

Quant au premier palier, il est bien donné, ainsi que l'a montré J. Zedner par la décharge de Ni^2O^3.

Le deuxième palier ne s'obtient nettement qu'avec des intensités relativement faibles. Dans la courbe *a* de la figure 1 il ne représente que le sixième du premier palier. Sur une électrode déchargée jusqu'au commencement du deuxième palier, on a trouvé 0,115 atome d'oxygène actif pour 1 de nickel. Après la décharge complète, une autre électrode ne renfermait plus que 0,03 atome d'oxygène actif pour 1 de nickel. F. Fœrster en conclut que le deuxième palier de décharge ne peut être dû qu'à un oxyde compris entre NiO et Ni^2O^3 et qui se transformerait alors en NiO pendant cette période. Cet oxyde pourrait être Ni^3O^4 dont l'existence est démontrée, ou encore Ni^4O^5 dont l'existence est vraisemblable. D'après cette hypothèse, au commencement du deuxième palier la matière active serait un mélange de NiO et de cet oxyde intermédiaire et ce dernier pourrait provenir de la décharge de NiO^2, car on constate que le deuxième palier est d'autant plus important que les phénomènes signalés dus à NiO^2 sont eux-mêmes plus caractérisés. Lorsque l'électrode est restée au repos et que son NiO^2 a disparu, on remarque de plus que le deuxième palier disparait également.

Cette supposition d'un oxyde intermédiaire est contraire aux conclusions de J. Zedner qui admet que le deuxième palier est fourni par la décharge de l'oxygène. Pour réfuter les conclusions de J. Zedner, F. Fœrster fait remarquer que la décharge de l'oxygène occlus ne donnerait pas une tension constante. Il n'a, d'ailleurs, trouvé aucune capacité avec une électrode en graphite comprimé, longuement chargée. On sait que J. Zedner admet que l'occlusion de l'oxygène est due principalement au graphite.

Un des arguments donnés par ce dernier auteur en faveur de sa thèse [réduction directe de $Ni(OH)^3$ en

$Ni(OH)^2$ sans formation d'oxyde intermédiaire à la première phase] est la concordance de la force électromotrice avec celle calculée, d'après l'équation d'Helmholtz. Mais F. Fœrster fait remarquer que les données thermochimiques relatives à cette transformation sont encore trop incertaines pour permettre d'en tirer des conclusions absolues.

Les courbes de charge de la figure 1 montrent que la tension anodique diffère plus du potentiel de Ni^2O^3 en charge qu'en décharge. A 0,08 amp. (Ladung mit 0,08 amp.) on atteint plus rapidement la partie droite de la courbe qu'à 0,04 amp.

Le dégagement d'oxygène à l'anode ne devient apparent qu'après charge de 6 à 8 amp.-minutes. La comparaison des deux courbes de charge montre aussi que le deuxième palier de décharge est sans influence sur le cours de la charge.

Pour expliquer l'allure des courbes de charge, F. Fœrster admet que NiO s'oxyde à l'état de NiO^2, lequel en présence de l'excès de NiO existant passe à l'état de Ni^2O^3. Celui-ci agit comme solvant de NiO^2. La transformation de NiO^2 se fait rapidement au début; mais la matière s'enrichit peu à peu de NiO^2 et d'autant plus vite que l'intensité de charge est plus élevée. Dès que la quantité de NiO en présence de NiO^2 devient insuffisante, ce dernier se décompose spontanément en Ni^2O^3 avec dégagement d'oxygène. Ce dégagement d'oxygène croît jusqu'à ce que la vitesse de décomposition de NiO^2 devienne égale à sa vitesse de formation. A partir de ce moment, l'oxygène devient l'unique produit de l'électrolyse.

D'après cela, le bioxyde NiO^2 serait le produit primaire de l'électrolyse, l'oxygène dégagé n'étant, au moins pour la plus grande partie, qu'un produit secondaire.

C'est grâce au pouvoir dissolvant du sesquioxyde pour le bioxyde que ce dernier possède une certaine stabilité.

On constate qu'après une longue surcharge, la teneur en NiO^2 n'est pas sensiblement moindre qu'après une faible surcharge. C'est que si NiO^2 se décompose en Ni^2O^3 et O, d'un autre côté, Ni^2O^3 peut s'oxyder à l'anode en NiO^2. On démontre ce fait en laissant au repos 10 jours une anode chargée. Quand son potentiel est devenu $\varepsilon_h = -0,497$ volt et qu'il n'y a, par conséquent, plus que Ni^2O^3 dans la matière, on remet la plaque en charge pendant 21 heures à 0,08 amp., puis 0,1 amp. A ce moment, la plaque présente au début de la décharge sensiblement la même tension qu'une électrode fraîchement chargée, ce qui prouve que la perte de NiO^2 pendant le repos n'a pas été compensée par l'oxydation en charge de Ni^2O^3 en NiO^2.

Rendement en quantité pendant la charge de l'hydroxyde de nickel. — Pour déterminer le rendement de l'anode-nickel, F. Fœrster a pris un élément composé d'une anode-nickel montée entre deux cathodes-fer, de façon à avoir un grand excès de capacité cathodique. L'électrolyte était de la potasse 2,8 fois normale. Le rendement était obtenu en comparant le dégagement gazeux de l'élément à celui d'un voltamètre à électrodes de platine placé en tension. Les essais étaient effectués à la température de 16° à 18°, aux différentes intensités de charge 0,08, 0,15 et 0,30 amp., la seconde correspondant au régime normal de charge de l'élément Edison.

Le Tableau suivant résume les résultats obtenus lorsque la décharge de l'anode a été complète :

CHARGE A 0,08 AMP.			CHARGE A 0,15 AMP.			CHARGE A 0,30 AMP.		
Temps de la prise d'essai en minutes, depuis le début de la charge.	Moyenne de la prise d'essai, en amp.-heures.	Rendement en quantité de l'anode, en pour 100.	Temps de la prise d'essai en minutes, depuis le début de la charge.	Moyenne de la prise d'essai, en amp.-heures.	Rendement en quantité de l'anode, en pour 100.	Temps de la prise d'essai en minutes, depuis le début de la charge.	Moyenne de la prise d'essai, en amp.-heures.	Rendement en quantité de l'anode, en pour 100.
0- 152	0,10	100	0- 30	0,037	100	0- 20	0,05	100
154- 215	0,245	100	30- 60	0,11	100	35- 50	0,21	90,0
218- 284	0,34	98,4	60- 90	0,18	97,5	52- 70	0,31	85,2
352- 412	0,515	94,4	91-119	0,26	96,8	71- 84	0,39	81,9
415- 472	0,60	88,5	120-148	0,34	95,8	87-101	0,48	71,6
476- 540	0,68	65,2	150-178	0,41	92,7	104-120	0,57	60,0
542- 587	0,75	32,8	180-210	0,485	88,1	123-138	0,645	45,7
722- 785	1,01	8,8	255-292	0,675	44,8	140-155	0,75	30,6
1432-1522	1,96	3,1	330-358	0,85	12,8	157-174	0,84	18,5
			360-388	0,92	9,1	190-206	1,01	8,1
			390-440	1,02	5,7	208-224	1,10	5,8
			442-525	1,15	5,0	325-339	1,70	3,3
			525-585	1,39	3,0	341-355	1,765	3,0
			682-720	1,75	1,5			
Par la décharge à 0,08 amp., l'élément donnait 0,62 amp.-heure.			Par la décharge à 0,05-0,04 amp., l'élément donnait 0,59 amp. heure.			Par la décharge à 0,04 amp., l'élément donnait 0,57 amp.-heure.		

4.

En ne déchargeant l'élément que jusqu'à la fin de la première phase de décharge, on obtenait les résultats suivants :

CHARGE A 00,8 AMP.			CHARGE A 0,15 AMP.			CHARGE A 0,30 AMP.		
Temps de la prise d'essai en minutes, depuis le début de la charge.	Moyenne de la prise d'essai, en amp.-heures.	Rendement en quantité de l'anode, en pour 100.	Temps de la prise d'essai en minutes, depuis le début de la charge.	Moyenne de la prise d'essai, en amp.-heures.	Rendement en quantité de l'anode, en pour 100.	Temps de la prise d'essai en minutes, depuis le début de la charge.	Moyenne de la prise d'essai, en amp.-heures.	Rendement en quantité de l'anode, en pour 100.
0-132	0,09	100	0- 40	0,05	100	0- 16	0,04	100
136-196	0,26	100	60-107	0,21	100	39- 53	0,23	87,6
199-314	0,34	96,5	110-146	0,32	93,7	57- 71	0,32	85,1
319-379	0,46	90,4	148-175	0,405	90,0	73- 87	0,40	72,3
381-444	0,55	73,1	200-230	0,54	69,5	89-103	0,48	60,2
448-522	0,64	27,0	275-307	0,73	13,8	105-119	0,56	46,3
524-564	0,72	11,1	310-340	0,81	7,7	138-152	0,71	26,2
568-632	0,80	7,4	345-380	0,86	4,9	155-167	0,79	18,0
						169-183	0,865	11,1
						186-200	0,95	10,2
Charge		0,84 amp.-h.	Charge		0,91 amp.-h.	Charge		0,97 amp.-h.
Décharge jusqu'au 2e palier.		0,531 »	Décharge jusqu'au 2e palier.		0,527 »	Décharge jusqu'au 2e palier.		0,51 »

La figure 2 résume également ces derniers essais. Les courbes représentent la variation du rendement en quantité (Stromausbeute in %) en fonction de la quantité d'électricité chargée (Ampère-Stunden).

Les essais à 0,08 et 0,15 amp. montrent, qu'au début le rendement est théorique. Il baisse lentement d'abord, puis ensuite très rapidement, mais n'atteint une valeur

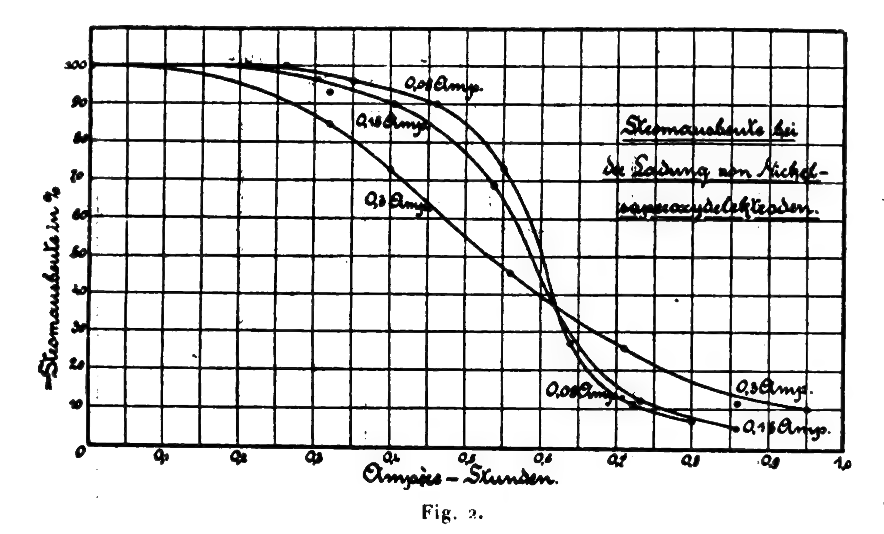


Fig. 2.

nulle qu'après un temps très long. C'est pour cette raison que l'on peut augmenter la capacité de l'élément par une charge très prolongée.

Les essais à 0,30 amp. apprennent que l'on peut charger dans un temps relativement court une partie très importante de la capacité; mais le rendement est beaucoup plus faible qu'avec les intensités précédentes.

Au point de vue du rendement, l'élément fer-nickel se comporte d'une façon toute différente de l'élément au plomb. Le rendement de celui-ci est très élevé jusque vers la fin de la décharge et il tombe rapidement à 0° à ce moment. En outre, les surcharges sont sans influence sur la capacité.

Résumé. — Le travail de F. Fœrster peut se résumer de la façon suivante :

1° L'hydroxydule de nickel absorbe par l'oxydation anodique plus d'oxygène qu'il n'en faut pour l'obtention de Ni^2O^3.

Comme l'ont aussi montré Belucci et Clavari, le premier produit d'oxydation de $Ni(OH)^2$ est NiO^2 qui reste en petite quantité dans l'électrode fraîchement chargée.

2° Par le séchage, ce produit d'oxydation se transforme en Ni^2O^3, 1,1 à 1,3 H^2O. A la décharge il se forme $Ni(OH)^2$

3° L'oxyde noir renfermant plus ou moins de NiO^2 à l'état frais et obtenu par oxydation chimique de $Ni(OH)^2$ donne aussi par le séchage le composé Ni^2O^3, 1,1 H^2O.

4° Le sesquioxyde de nickel séché à l'état amorphe est stable tout comme l'oxyde Ni^2O^3, $2H^2O$ cristallisé, d'après H. Hofmann et Hiendlmaier.

5° Le produit d'oxydation électrolytique de $Ni(OH)^2$ forme un système homogène, probablement une solution solide de NiO^2 dans Ni^2O^3. Abandonné à lui-même, il se décompose avec dégagement d'oxygène et son potentiel s'abaisse jusqu'à une valeur constante ($\varepsilon_h = -0,47$ à $-0,49$ volt dans la potasse 2,8 fois normale) qui est la même que celle obtenue par J. Zedner avec le produit d'oxydation anodique des solutions de sels de nickel.

6° Une électrode-nickel fraîchement chargée a une capacité plus élevée qu'une même électrode abandonnée après charge jusqu'à obtention du potentiel constant. La plus grande partie de cette perte de capacité survient dans les 24 premières heures après la charge.

7° Par la décharge de l'anode-nickel, le potentiel baisse d'abord rapidement par suite de la disparition de NiO^2. Il ne descend ensuite que lentement dès que c'est l'oxyde Ni^2O^3 qui décharge. Après un premier palier, le potentiel baisse alors brusquement d'environ 0,55 volt jusqu'à un deuxième palier. La capacité correspondant à ce deuxième palier est beaucoup plus petite que celle du premier et est due à la réduction d'un oxyde de nickel inférieur au Ni^2O^3.

8° A la charge, le potentiel de l'anode dépasse rapidement celui correspondant à Ni^2O^3. Il y a à ce moment oxydation anodique de $Ni(OH)^2$ en NiO^2. Lorsque survient le dégagement d'oxygène, il n'y a pas de variation importante du potentiel. La charge de $Ni(OH)^2$ ne se fait donc pas exactement d'une façon réversible à la décharge de Ni^2O^3.

9° Le rendement en quantité pendant la charge de l'anode est d'abord théorique, puis assez élevé pour la plus grande partie de la capacité de l'électrode lorsque la densité de courant est assez faible. Quand l'électrode a reçu la plus grande partie de sa capacité, le rendement baisse rapidement à une valeur faible. Mais, avec ce faible rendement, la capacité de l'électrode peut être augmentée d'une manière importante.

10° Selon que l'on veut obtenir un bon rendement ou que l'on renonce à cet avantage, on obtient une capacité très différente et, par suite, aussi une énergie très différente.

11° Les conclusions de J. Zedner sont réfutées par les travaux effectués ici. L. J.

Perfectionnements apportés aux accumulateurs pour automobiles. M. WANSON (Brevet français 370228 du 4 octobre 1906). — L'invention se rapporte à un dispositif pour le passage des bornes de prise de courant à travers le couvercle et pour l'évacuation des gaz, dans le but d'éviter l'attaque des bornes et les projections d'acide.

La figure 1 est une coupe longitudinale de la partie supérieure de l'élément; la figure 2 une coupe suivant *aa* et la figure 3 une coupe suivant *bb* de la figure 1. Les figures 4 et 5 sont des variantes de dispositif de bornes.

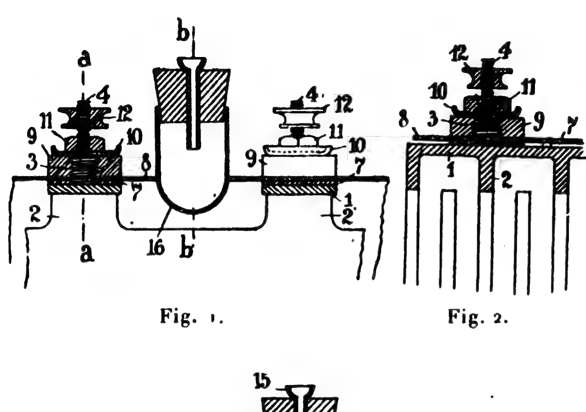


Fig. 1. Fig. 2.

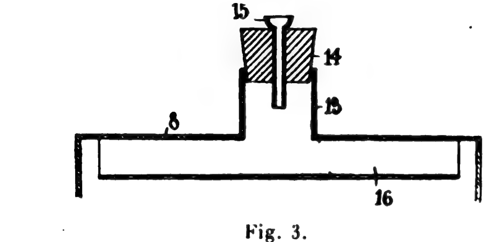


Fig. 3.

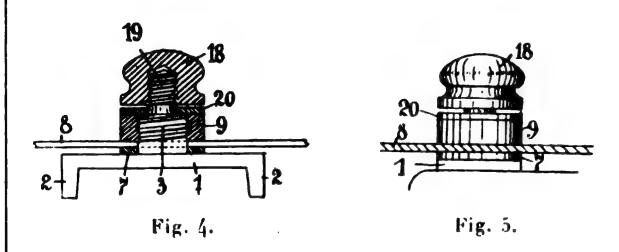


Fig. 4. Fig. 5.

Les plaques 2 de même polarité sont réunies par soudure à la barrette en plomb 1. Un bout fileté 3 est coulé d'une seule pièce avec la barrette 1. Pendant la coulée, on emprisonne dans l'axe du bout 3 une tige filetée en cuivre qui reçoit les écrous. Sur le bout fileté 3 on enfile une rondelle 7 en para pur (inattaquable à l'acide), puis le couvercle 8 en matière isolante quelconque (celluloïd, ébonite, etc.). On visse ensuite sur le bout fileté un écrou en ébonite 9 qui, lorsqu'il est serré à fond, comprime la rondelle 7 et rend hermétique le joint entre la barrette 1 et le couvercle 8. Pour augmenter l'étanchéité, on peut enduire le joint entre l'écrou 9 et le couvercle 8 d'une solution de caoutchouc ou de celluloïd.

Pour arrêter les sels grimpants qui pourraient encore passer on enfile sur la tige 4 une rondelle en celluloïd 10 en forme de godet dans lequel on coule de la

paraffine ou du suif. Au-dessus de cette rondelle 10 se vissent les deux écrous 11 et 12.

Le dégagement gazeux se fait par la tubulure 13 (en celluloïd, ébonite, etc.) soudée au couvercle et fermée par un bouchon de caoutchouc 14 traversé par le tube de dégagement 15. On évite les projections de liquide en soudant au couvercle un demi-cylindre 16 en celluloïd, etc., de longueur un peu moindre que la largeur du récipient et légèrement incliné pour l'écoulement du liquide qui peut y être projeté.

Dans les figures 4 et 5 qui se rapportent à une variante de dispositif de borne, le téton 3 est aminci par un congé puis fileté comme indiqué en 19. Sur l'épaulement du congé, on place une rondelle en plomb 20 qui augmente la surface de contact. Le fil est serré entre cette rondelle et la borne 18 en ébonite ou matière inattaquable.

Perfectionnements apportés aux accumulateurs. P.-G. TRIQUET (Brevet français 373098 du 29 décembre 1906). — Les supports des plaques sont constitués ici par du charbon ou un carbone poreux. On les obtient en partant d'une plaque de fonte plus ou moins carburée que l'on soumet à l'action d'acides dilués. Le fer se dissout et il reste une plaque très poreuse de carbone et carbure, conductrice et inattaquable aux acides et aux alcalis.

La matière active est introduite dans les pores de ces supports et l'on obtient ainsi des plaques.

USINES GÉNÉRATRICES.

Usine génératrice hydraulique de Bellinzona. — Bellinzona, dans le canton du Tessin, est l'une des premières localités suisses qui ait été dotée d'une installation hydraulico-électrique.

Son usine primitive avait été établie, il y a plusieurs années, près de Corduno; actuellement, elle est suppléée, pour l'alimentation de la ville et des environs, par une centrale qui utilise la force d'un petit torrent, la Morobbia, se jetant dans le Tessin près de Guibiasco.

Employant une chute élevée, avec un volume d'eau peu considérable, la nouvelle installation est le type des centrales de montagne.

Le débit minimum de la Morobbia est de 600l-700l par seconde; malgré ce débit relativement faible, on a pu, grâce à la rapidité de la chute, obtenir une puissance globale satisfaisante sans avoir à se livrer à des travaux de captation exagérés: un canal de dérivation de 4km et une conduite forcée de 900m ont permis de réaliser une chute brute de 350m.

D'après une description donnée, par M. l'ingénieur Herzog, dans le *Schweizerische elektrotechnische Bauzeitung*, les particularités les plus importantes sont les suivantes :

Installations hydrauliques (*fig.* 1 à 3). — Un barrage en béton, protégé par un empierrement et pourvu de grilles de fer pour l'arrêt des pierres, ainsi que d'un dépotoir à sable, dérive l'eau dans le canal; celui-ci est presque entièrement creusé à même le roc et n'est bétonné que dans les rares sections où le sol est constitué de roche friable. Sa longueur est, comme il est dit ci-dessus, de 4km approximativement; il a une section de 1m,50 × 1m,85, avec une déclivité de 2 pour 1000.

Un trop-plein, établi immédiatement avant la chambre de mise en charge, maintient le niveau pratiquement constant. A côté du trop-plein se trouve un déversoir. Des vannes légères et deux grilles séparent la chambre du canal.

Dans la chambre même, et à l'entrée de la conduite, est disposée une vanne qui ferme l'admission de l'eau

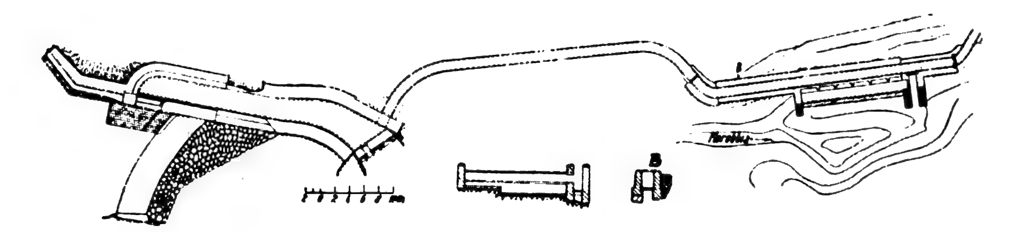


Fig. 1. — Ouvrages de prise d'eau.

quand l'écoulement atteint une vitesse limite fixée, ce qui arriverait, par exemple, en cas de rupture.

Le tuyau forcé est en tôle d'acier Siemens-Martin, de qualité supérieure et aussi dilatable que possible, ce qui lui donne un coefficient de sécurité excellent: il est formé de deux parties, la section supérieure allant de la chambre jusqu'à la cote de pression 228 a 600m environ de longueur; l'inférieure qui va de la cote ci-dessus jusqu'à la centrale a 300m.

La conduite est fixée en six points où se trouvent des joints de dilatation.

Le diamètre intérieur de la première section est de 700mm; celui de la seconde, 600mm.

L'épaisseur a été calculée pour une pression maxima de 6 kg:mm²; elle est de 6mm à 14mm dans la partie supérieure et de 14mm à 19mm dans l'autre.

En différents points se trouvent des dispositifs automatiques de sûreté consistant en des vannes à maxima qui s'ouvrent spontanément quand la pression devient trop forte. Ces organes n'ont toutefois à intervenir que très exceptionnellement, les turbines étant elles-mêmes munies d'un dispositif qui évite les surcharges.

Le réglage des turbines est effectivement opéré de la façon suivante, qui est d'ailleurs devenue d'un usage à peu près général aujourd'hui.

Le régulateur de vitesse agit sur la soupape d'un servo-moteur de telle manière que tout déplacement de régulateur a pour conséquence de permettre l'entrée

de l'eau sous pression dans le cylindre du servo-moteur ou d'en provoquer la sortie.

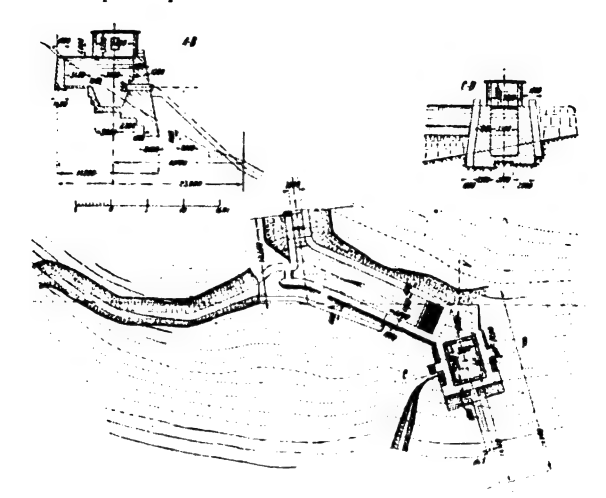


Fig. 2. — Chambre d'eau avec trop-plein.

A chaque position du régulateur correspond ainsi une position donnée du piston de commande et, par voie de conséquence, du registre d'admission qui est relié à ce piston.

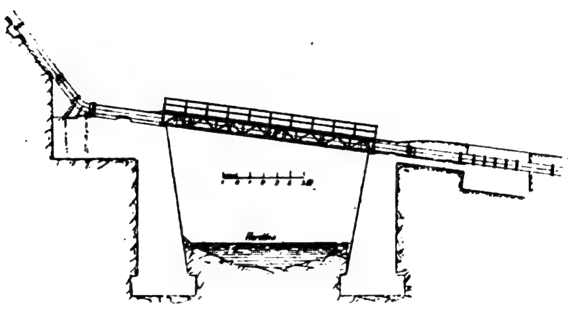


Fig. 3. — Pont pour la conduite.

D'un autre côté, un régulateur de pression fonctionne pour éviter les coups de bélier, en dérivant dans une conduite de décharge l'excédent d'eau qui se produit quand la turbine est fermée brusquement; la vanne qui est ouverte par ce régulateur se referme ensuite lentement et arrête l'écoulement du liquide.

Le fonctionnement de ces régulateurs est tel que l'accroissement de vitesse, quand on décharge brusquement la turbine de sa charge maxima, ne dépasse pas 10 pour 100, et que, de même, la pression ne s'élève pas alors, la machine étant arrêtée en 2 ou 3 secondes, de plus d'un égal pourcentage.

L'eau nécessaire au régulateur hydraulique est fournie par un filtre dont est pourvue chaque turbine; le filtre peut être isolé du moteur et nettoyé pendant le fonctionnement.

Usine génératrice (*fig.* 4 à 7). — L'usine se trouve près du petit village de Giubiasco, à 4^{km} environ de Bellinzona; érigée sur des fondations de béton, elle est en moellons et briques avec toiture de bois recouverte d'ardoises.

Elle est conçue pour recevoir cinq groupes de 660 chevaux, avec leurs accessoires, mais trois unités seulement sont actuellement en service; une annexe contient les appareils de commutation; un pont roulant dessert la salle des machines.

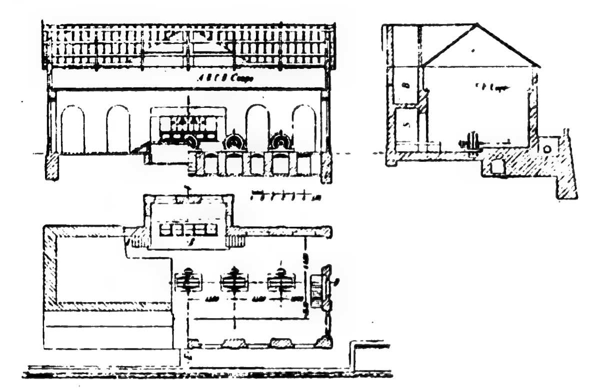


Fig. 4. — Usine génératrice.

Chacune des trois unités principales comprend comme moteur une roue Pelton de 1400^{mm} de diamètre, munie d'aubages en acier coulé amovibles et interchangeables. Cette dernière qualité est pour ainsi dire indispensable, l'eau étant chargée de sable et les roues travaillant à une pression élevée; pour faciliter le nettoyage, l'enveloppe de la machine peut être ouverte.

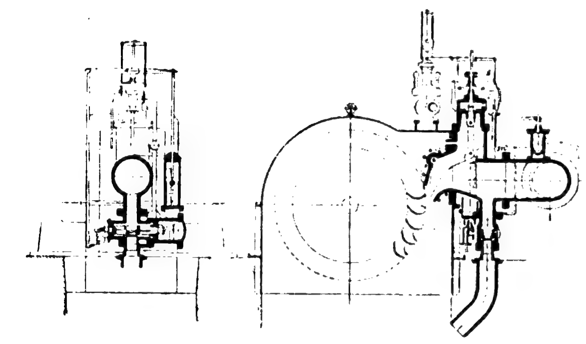


Fig. 5. — Roue Pelton de 660 chevaux.

L'arbre de la roue est en acier Siemens-Martin et ses paliers se graissent automatiquement; il porte un volant d'acier coulé et s'accouple, au moyen d'un manchon élastique Zodel, à l'axe de l'alternateur qu'il entraîne.

Les trois alternateurs sont identiques : ce sont des générateurs triphasés dodécapolaires donnant à 500 tours par minute une tension de 5350 volts, une fréquence de 50 périodes par seconde et portant leur excitatrice en à-bout.

Le stator a deux gorges par pôle et par phase; les fils y sont déposés dans des tubes protecteurs de micanite; chaque phase compte 12 bobines de 14 spires de

4..

barres de $5^{mm},5 \times 6^{mm},3$; les enroulements sont connectés en étoile.

L'annexe où se trouvent les instruments de contrôle est séparée de la salle des machines par une cloison de marbre.

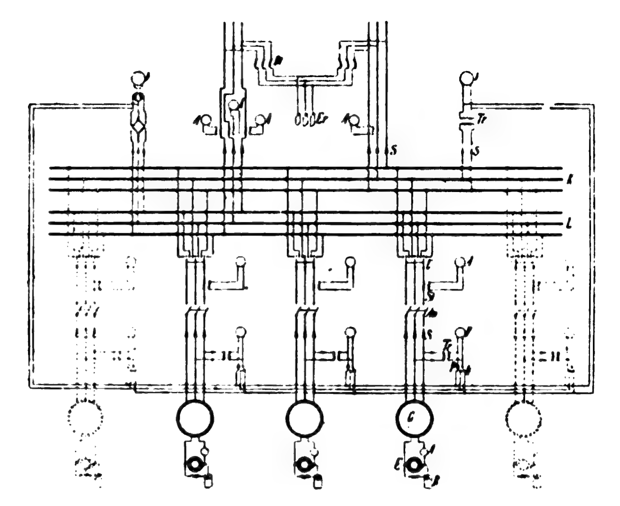


Fig. 6. — Schéma de l'installation.

A Ampèremètre.	L Barres de lumière.
V Voltmètre.	U Commutateur.
S Fusible.	St Transformateur de l'ampèremètre.
Bl Parafoudre.	Au Interrupteur.
Er Prise de terre.	P Lampe de phase.
Tr Transformateur de voltmètre.	Cz Générateur.
K Barres omnibus de force.	E Excitateur.
	R Dispositif de réglage.

Les appareils de commutation comprennent, pour chaque groupe, un interrupteur à huile tripolaire, un régulateur, des fusibles tripolaires, un ampèremètre et un voltmètre pour le courant principal et un ampèremètre pour l'excitatrice.

Au moyen de deux voltmètres généraux, on peut surveiller la tension aux barres collectrices.

LIGNES. — Deux lignes (une double de trois fils pour la force motrice et trois fils pour la lumière, et une simple) partent de l'usine pour aller respectivement à Bellinzona et à Giubiasco. Elles sont munies de leurs appareils de mesure spéciaux et leurs interrupteurs sont verrouillés de telle sorte qu'on ne puisse les ouvrir qu'après avoir éliminé les générateurs.

Le voltmètre est commun aux deux circuits, un commutateur permet de l'employer à volonté sur l'un ou sur l'autre.

Les lignes de transport sont portées au moyen d'isolateurs triples, sur des poteaux de bois ou de treillis métallique.

La ligne de Bellinzona alimente dans cette ville sept sous-stations de transformation; les postes dont il s'agit, installés dans de petites cabines de maçonnerie, contiennent un, deux ou trois transformateurs réducteurs de 33 kilowatts.

A Giubiasco, il n'y a que deux postes de distribution, munis, celui du village, d'un transformateur réducteur de 33 kilovolts-ampères; celui de la station, d'un transformateur monophasé de 10 kilowatts; un même appareil constitue l'équipement de la station de Castione et de celle de Mollinazo.

A Mollinazo, il y a de plus un transformateur triphasé de 10 kilowatts. Ces appareils sont montés sur des mâts.

RÉSULTATS D'ESSAIS. — Dans son ensemble, l'installation qui fonctionne très régulièrement est absolument remarquable; elle fait honneur à M. l'ingénieur Fulgenzio Bonganizo qui en a conçu les plans; le matériel a d'ailleurs été fourni par des maisons de premier ordre : la firme Escher Wyss et Cie a construit les conduites et les turbines, et la Société Alioth, les appareils électriques, tant de la centrale que des sous-stations; les supports métalliques proviennent de MM. A. Buss et Cie.

L'ensemble des appareils, bâtiments et lignes a coûté $1\,250\,000^{fr}$, ce qui représente, avec l'outillage actuel, une dépense, par cheval installé, de 640^{fr}.

A pleine charge, le rendement des générateurs, sur une résistance non inductive, varie entre 95 et 95,8 pour 100; la perte de tension dans la machine est alors de 3,35 pour 100 seulement; à demi-charge, le rendement s'élève encore à 92-93 pour 100.

Le Tableau ci-après résume quelques-uns des résultats obtenus au cours des essais auxquels les générateurs ont été soumis à la centrale :

Tours moyens par minute.	Excitatrice.			Générateur.		Perte dans les instruments.	Kw utiles.
	Volts	Amp.	Kw.	Volts.	Amp.		
			Groupe I.				
483	39,6/34,8	38,3	1,41	4505	59,4	0,3	465,9
510	42,8/33,6	40,3	1,53	4956	56,1	0,3	478
508	36,8/31,6	34,7	1,13	4622	28,8	0,3	240,1
			Groupe II.				
489	43,6/42,5	44,5	1,99	4840	55,3	0,3	462,2
502	53,5/45,5	50,1	2,41	5392	50,3	0,3	472,4
514	43,6/43,4	44,8	1,95	5311	28,2	0,3	261,2
488	47,5/47	47,4	2,24	5141	28,8	0,3	256
507	47,1/45,6	47,1	2,18	5180	52,7	0,3	474,3
...	....	....	....	....	....	...	.....

Ce qui donne les rendements suivants :

Groupe.	Tours par minute.	Alternateur. Kw utiles.	Perte totale.	Kw totaux.	Rendement.
I	483	465,9	20,5	486,4	95,8
	510	478,7	21,8	500,5	95,7
	508	240,1	17,6	257,7	93
II	489	462,2	22,2	484,4	95,2
	502	472,4	24,1	496,5	94,9
	514	261,2	21,5	282,7	92,1
	488	256	21,3	277,3	98,2
	507	474,3	23,4	497,7	95

Pour les turbines, les valeurs correspondantes sont de :

I. 71,2 72,4 72,4

II. 71,3 73 73,3 74,2 72,8



et le rendement total atteint :

I.		68,2	69,3	67,2	
II.	67,9	69,3	69,9	68,6	69,2

La résistance ohmique des phases de l'armature est de 0,321, 0,312 et 0,318 ohm, mesurée à une température de 20° au commencement de l'opération et de 40° à la fin.

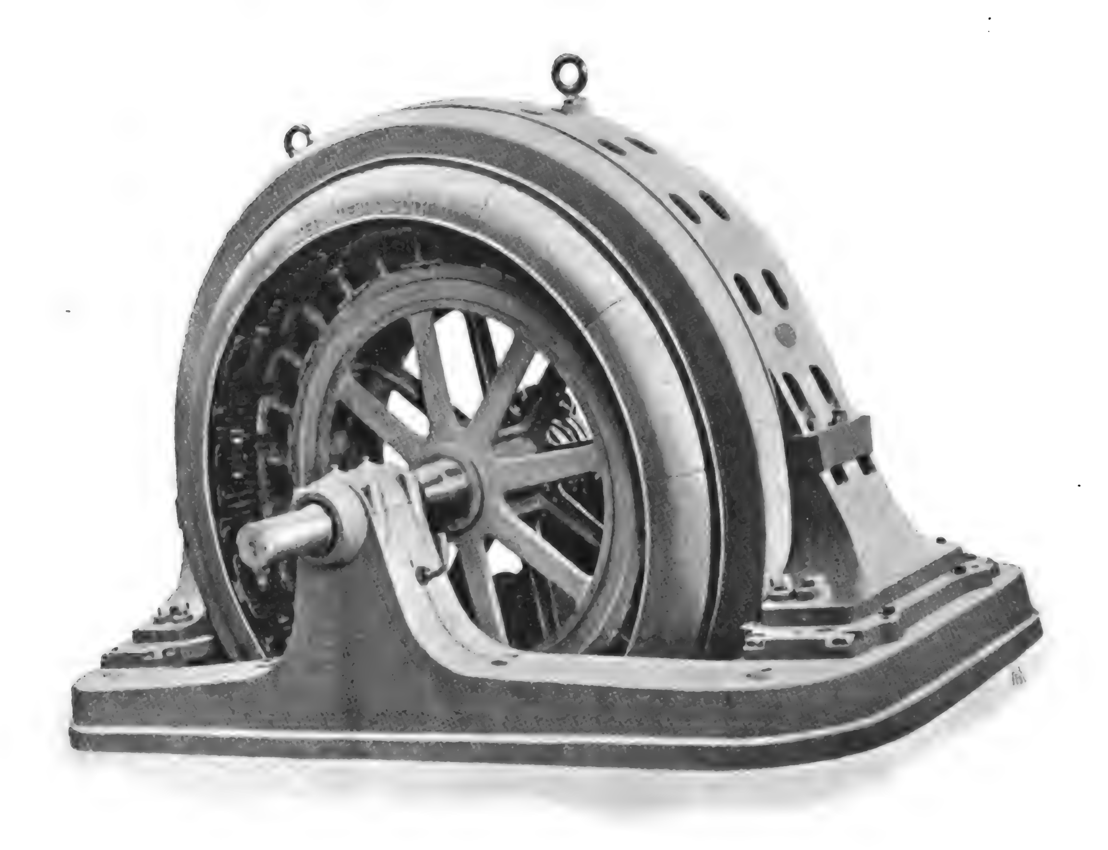


Fig. 7. — Alternateur Alioth.

La perte à vide des générateurs, évaluée en alimentant l'un des générateurs comme moteur par le courant d'un second alternateur, est de 20 kilowatts.

Le cheval utile à l'usine revient approximativement à 915^{fr}. HENRY.

BREVETS RÉCENTS (1).

Accumulateurs : AKKUMULATOREN FABRIK A.-G. DRP. 186591 et 184148, 15 sept. 1905 et 3 juin 1905 (procédé pour conserver ou rendre leur capacité aux accumulateurs). — ALLEN. BP. 12974, 1906. — BIJUR. USAP. 854326, 14 août 1906 (procédé de fabrication des plaques). — BUHOT. BP. 11562, 1906. — CLAVIEZ. BF. 376781, 15 avril 1907. — CONNOR et STUBBS. BP. 22752, 1906. — DELOYE. USAP. 858160, 31 janv. 1907. — DOWNS. USAP. 855880, 2 avril 1906 (batterie). — EDISON. USAP. 857929, 30 mars 1905 (flocons de cobalt métallique); 858862, 16 janv. 1906 (électrolyte contenant un silicate alcalin). — HAUNZ. BP. 17539, 1906. — JACOBSON. USAP. 854039, 12 sept. 1906 (coupleur pour batterie). — LEITNER. BP. 25761, 1906. — MIRR MIURA. BF. 376429, 17 janv. 1907 (fabrication des accumulateurs électriques). — NEU. BF. 376838, 17 avril 1907 (accumulateur régulateur). — NYA AKKUMULATOR AKTIEBOLAGET JUNGNER. DRP. 187734, 24 mars 1906; BP. 6522, 1907 (électrodes en fer, nickel et cobalt). — SESSIONS. USAP. 858478, 29 oct. 1903 (coupleur pour batteries). — SILVEY. USAP. 855991, (fabrication de plaques d'accumulateurs). — SOCIÉTÉ ANONYME CHEMISCHE FABRIK GRIESHEIM. BF. 375595, 11 mars 1907 et 377026, 20 avril 1907 (fabrication d'électrodes et procédé pour rendre plus durables les électrodes). — THE GENERAL ELECTROLYTIC PARENT C°. BF. 376548, 9 avril 1907 (électrodes).

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

INDICATEUR DE TERRE

AVEC TÉLÉPHONE APPLICABLE AUX CIRCUITS A COURANTS CONTINUS

Pour constater un défaut d'isolement ou un contact des conducteurs avec la terre dans une canalisation à courant continu on se sert ordinairement de l'indicateur formé de deux lampes à incandescence et d'une sonnerie trembleuse. Mais on peut aussi adopter pour les courants continus provenant de dynamos le dispositif que M. Picou a appliqué aux courants alternatifs.

Relions les deux conducteurs A, B du courant continu d'une dynamo aux armatures de deux condensateurs C_1 et C_2 d'égale capacité (*fig.* 1), dont

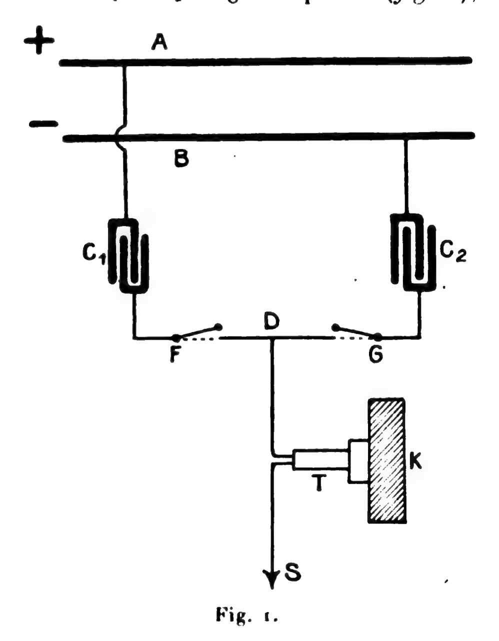


Fig. 1.

les deux autres armatures sont réunies par le conducteur FG, dont le milieu D est mis à la terre, avec intercalation du téléphone T.

Le courant continu fourni par des dynamos est en réalité ondulatoire. Par conséquent, dans le circuit AC_1FGC_2B des deux condensateurs circulera un courant alternatif, et, si l'on intercale un téléphone au circuit, par exemple au point F, on entend un son constant dont la hauteur dépend du nombre des lames du collecteur, qui passent par seconde sous chaque balai de la dynamo.

Tant que les conducteurs A et B ne sont pas à la terre le téléphone T ne rend aucun son; mais, si un point des conducteurs A, B est à la terre, un son est produit par ce téléphone. Interrompant en F ou G la communication des conducteurs A ou B avec le téléphone, on trouve celui de ces conducteurs qui communique avec la terre.

Pour faire entendre le son à distance il faut que le téléphone ait un diaphragme assez grand et soit appuyé sur une caisse de résonance convenable K. Pour les tensions de 110-220 volts les capacités des condensateurs doivent être de l'ordre de 0,5 à 1 microfarad. Mais, si l'on se contente d'entendre le son en adaptant le téléphone à l'oreille, une capacité plus petite peut suffire.

Les courbes de la figure 2 indiquent les changements de l'intensité efficace du courant qui passe

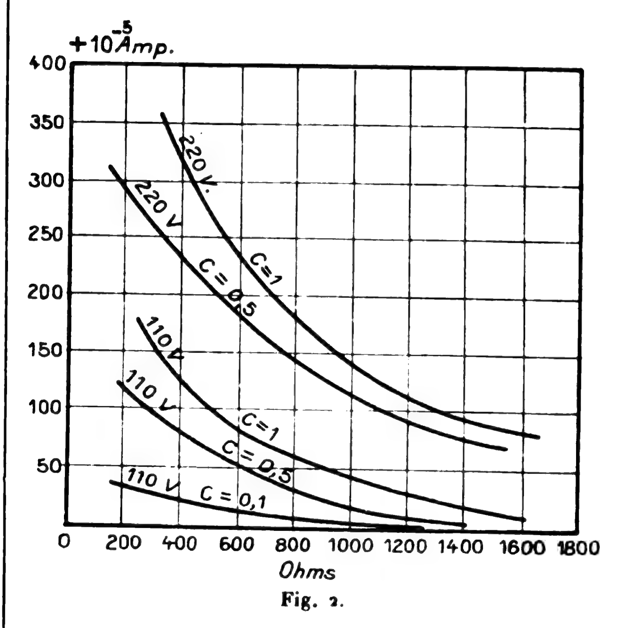


Fig. 2.

par le téléphone quand on change la capacité, la tension aux bornes du condensateur et la résistance du circuit. Nous voyons, par exemple, que pour un condensateur de capacité 0,5 microfarad, à la tension de 220 volts et pour une résistance intercalée de 200 ohms, l'intensité efficace est 0,003 ampère. Il est à remarquer que l'intensité du son dépend aussi de la construction de la génératrice du courant ondulatoire et du couplage en parallèle de plusieurs machines dans l'usine.

Cette méthode, comme il est facile de le voir, ne s'applique pas à la distribution à trois fils (système Edison, dans lequel le fil moyen est à la terre.)

G. ATHANASIADIS,
Agrégé de Physique à l'Université d'Athènes.



LIGNES DE TRANSMISSION.

Influence de la forme de la courbe sur le rendement des transports d'énergie par courants alternatifs, par C.-F. HOLMBOE (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, p. 718). — On sait que les différences entre les courbes de deux machines synchrones couplées en parallèle ont une influence plus ou moins grande sur le rendement du système, mais on sait moins en général qu'elle peut occasionner une perte économique considérable due à la diminution du rendement; du moins cette perte est considérée comme négligeable par la plupart des ingénieurs qui ont eu à s'occuper de la question. L'auteur cite un exemple tiré de la pratique qui montre au contraire qu'il peut y avoir un gros intérêt à étudier ce point particulier.

Une grosse station centrale alimentait une sous-station par courants triphasés à 500 volts, cette station distribuant primitivement du courant continu, de sorte qu'il devint nécessaire d'installer un groupe transformateur I produisant du courant triphasé alimentant à 8^{km} de là un groupe moteur générateur II produisant du courant continu; les deux groupes étaient de construction absolument identique, car le groupe I devait dans l'avenir être installé à côté du groupe II.

La puissance normale des groupes I et II était égale à 200 kilowatts et un essai de rendement fut effectué après un certain temps de fonctionnement. Cet essai donnait pour le groupe I $\frac{\text{courant continu}}{\text{courant triphasé}}$ et pour le groupe II $\frac{\text{courant triphasé}}{\text{courant continu}}$ un rendement égal à 0,84. A charge normale de 200 kilowatts le $\cos\varphi$ pouvait être fait égal à 1 avec le courant d'excitation prévu.

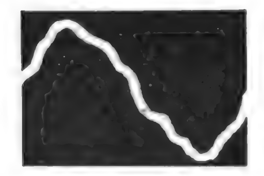
Après la transformation de la station primaire en centrale triphasée, le groupe I devenait superflu, et le groupe II fut alimenté par les alternateurs nouvellement installés et mus par des machines à vapeur.

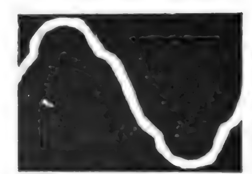
Des mesures prises sur le groupe II à la sous-station donnèrent un nouveau rendement $\frac{\text{triphasé}}{\text{continu}}$ égal à 79 pour 100 et des mesures faites au moyen d'instruments soigneusement contrôlés donnèrent les mêmes résultats. De plus il était impossible d'obtenir un $\cos\varphi = 1$; il oscillait entre 0,91 et 0,98. Afin de vérifier si le défaut ne se trouvait pas dans le groupe II, on remit en marche le groupe I; les mesures donnèrent de nouveau un rendement de 84 pour 100 et le $\cos\varphi = 1$ était de nouveau réalisable.

On en était donc réduit à supposer que la diminution du rendement et du $\cos\varphi$ était due à ce que le groupe était conduit par un générateur de plus grande puissance et de construction différente, et que le moteur à vapeur avait une vitesse moins régulière que le groupe I.

Un examen exact des deux machines à courant alternatif (de l'alternateur et du moteur du groupe II) montra que le premier avait trois encoches et le dernier deux encoches par pôle et par phase.

Les courbes de force électromotrice des deux machines furent relevées à l'aide d'un rhéographe (*fig.* 1 et 2). Une soustraction des deux courbes de tension montra, comme il était facile de le prévoir, une courbe d'un nombre triple de périodes. La courbe devait évidemment varier légèrement avec la charge des machines, mais il n'en subsistait pas moins un courant de périodicité triple (150 périodes par seconde) dans l'enroulement des deux machines.


Fig. 1.


Fig. 2.

Ce courant devait être faible, par suite de la self-induction élevée des enroulements; mais, les pertes par courants de Foucault étant proportionnelles à la deuxième puissance et les pertes par hystérésis à la première puissance de la fréquence, il est possible d'expliquer ainsi la diminution de rendement du système, surtout si l'on tient compte de la puissance supplémentaire dissipée par effet Joule du fait que le $\cos\varphi$ pouvait être amené au plus à 0,98.

La perte en argent de la Société exploitante n'était pas négligeable; en effet, le groupe secondaire travaillait 4000 heures par an avec une charge moyenne de 60 pour 100 de sa valeur maxima; le prix de revient du kilowatt-heure étant égal à $0^{fr},06$, il s'ensuivait une perte annuelle de

$$200\left(\frac{1}{0,79} - \frac{1}{0,84}\right) \times 0,6 \times 4000 \times 0,06 = 2188^{fr},80.$$

représentant les intérêts d'un capital de $40\,000^{fr}$ environ.

E. B.

Localisation des isolateurs brisés et autres défauts sur les lignes de transmission, par L.-C. NICHOLSON. Communication présentée le 26 juin 1907 à l'American Institute of Electrical Engineers (*Proceedings of. Am. Inst. El. Eng.*, t. XXVI, p. 723-733). — Dans certaines conditions d'exploitation, le bris d'un seul isolateur arrête entièrement le fonctionnement d'une longue ligne de transmission jusqu'à ce que l'isolateur avarié ait été découvert; il y a donc intérêt à employer une méthode rapide et suffisamment exacte pour localiser le défaut.

Les méthodes ordinaires consistent à employer le dispositif du pont de Wheatstone avec une source de courant continu à bas voltage et un galvanomètre; elles s'appliquent très bien à des circuits métalliques où existent une terre franche ou un court-circuit. Mais, dans les lignes de transmission à haute tension, il se présente souvent des cas où le défaut n'est pas franc, comme lorsqu'un isolateur est endommagé par le passage d'une étincelle ou autrement; il faut alors employer la haute tension pour faire passer un courant à travers le défaut. On ne pourra donc pratiquement rechercher les défauts qu'en employant le courant et l'appareillage de l'usine génératrice. C'est ce procédé que

l'auteur a appliqué avec succès sur une ligne d'environ 256^km de longueur, transmettant la puissance sous forme de courants triphasés à 60000 volts et 25 périodes. Les conducteurs sont en aluminium, espacés de 2^m,10 et portés en partie par des pylônes d'acier, en partie par des poteaux de bois; les ferrures de tous les isolateurs sont mises au sol. Les transformateurs élevant la tension à l'origine de la ligne ont leurs primaires montés en triangle et leurs secondaires montés en étoile, le point neutre étant à la terre. Il évident que dans ces conditions la rupture d'un isolateur amorce un arc entre le fil de la ligne et la ferrure, ce qui met un des transformateurs en court-circuit et arrête le service.

La méthode consiste à boucler le conducteur défectueux avec un autre à ses deux extrémités et à faire passer le courant de haute tension dans le défaut par la boucle ainsi formée. Le courant total fourni se partage entre les deux bras du circuit dans une proportion qui dépend du rapport des impédances de ces deux bras entre le point d'arrivée du courant et le défaut cherché. Ce rapport indique l'emplacement du défaut. On mesure les ampères ou les watts dans les deux branches, au moyen d'ampèremètres ou de wattmètres intégrateurs; il n'y a évidemment besoin que de connaître le rapport des courants passant au même instant dans les deux circuits ou le rapport des énergies qui y ont été fournies pendant un intervalle donné.

La figure 1 indique le schéma des connexions. La

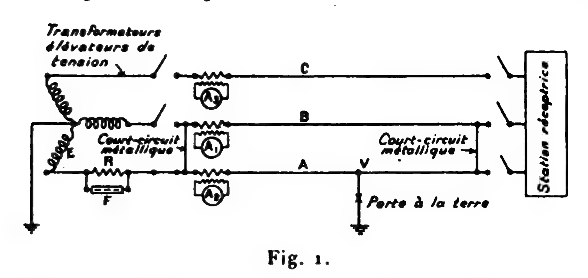


Fig. 1.

boucle est formée par les fils de ligne A et B, réunis par un conducteur métallique à l'usine génératrice, immédiatement avant les transformateurs d'ampèremètres, et par un autre à la station réceptrice, immédiatement avant les interrupteurs d'arrivée. E est l'enroulement à haute tension d'un transformateur de ligne; il est relié à la terre au point neutre. R est une résistance en série avec la boucle, destinée à limiter le courant à la capacité du transformateur et des instruments de mesure. En V est figurée une terre, due généralement à la rupture d'un isolateur, à la surface duquel le courant passe sous forme d'arc. A_1, A_2, A_3 sont des ampèremètres.

La résistance R peut être placée sur la haute ou sur la basse tension. Sa valeur dépend surtout de la nature du défaut; elle doit être assez grande pour limiter l'intensité à la valeur convenable et assez faible pour ne pas éteindre l'arc qui s'amorce au défaut. De plus, si le défaut peut résister presque au voltage normal et si la ligne est longue et prend un courant de charge intense, ce courant produit une chute de potentiel assez forte dans la résistance R, de sorte que la tension à l'endroit du défaut peut être inférieure à la tension normale et trop faible pour amorcer un arc sur l'isolateur endommagé.

Dans ce cas, on place en dérivation sur la résistance R un fusible d'une capacité au moins égale au courant de charge de la ligne. On soumet ainsi le défaut à la tension normale; le fusible saute dès l'amorçage de l'arc et la résistance R limite le courant.

Comme résistances, il est bon d'employer des colonnes de béton munies d'extrémités métalliques. L'auteur s'est servi de quatre de ces colonnes, ayant 3^m,60 de longueur sur 929^cm² (un pied carré) de section et présentant chacune, à froid, une résistance de 2000 ohms; on les montait en parallèle ou séparément suivant les cas. La résistivité du béton diminuant rapidement quand la température s'élève, il est facile d'arriver à une valeur convenable de la résistance en chauffant la colonne par le courant. Plus le défaut est incomplet et la distance d'amorçage grande, plus est élevée l'intensité nécessaire pour que l'arc persiste. On a constaté que, en général, 50 à 100 ampères suffisent pour ce genre d'essai. Si, comme il arrive parfois, le courant qui passe à travers le défaut est instable, il est difficile de lire les indications des ampèremètres non amortis. On a alors recours à des wattmètres intégrateurs et l'on compare les puissances fournies aux deux branches du circuit.

Si l'arc causé accidentellement par le défaut ou celui qu'on amorce pour l'essai avaient pour effet d'endommager le câble au point qu'on fût obligé de le couper, la réparation durerait beaucoup plus longtemps. Il est impossible, en général, de distinguer les dégâts causés par l'accident de ceux causés par l'essai. Mais on a constaté qu'un arc de 100 ampères, durant 40 secondes, ne cause que des dégâts insignifiants quand la distance d'amorçage est de plusieurs « pouces ». Quand l'arc est court et maintenu dans un espace étroit, comme il arrive si la tête de l'isolateur se perce, les dommages sont un peu plus grands; mais, pendant le court espace de temps que dure la lecture des appareils, le câble ne souffre guère.

On constate que le partage du courant entre les deux branches du circuit se fait suivant la loi d'Ohm.

On a (*fig.* 2)

$$\frac{S_2 + S}{S_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

ou encore

$$\frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} = \frac{\frac{r_1 - r_2}{2}}{\frac{r_1 + r_2}{2}}$$

$$= \frac{\text{résist. dep. le défaut jusqu'au bout de la ligne}}{\text{résistance totale d'un fil de ligne}}.$$

L'auteur cite quelques résultats obtenus par cette méthode; la concordance entre les longueurs calculées et les longueurs réelles est très satisfaisante.

La durée de l'essai est d'environ 30 minutes. La nécessité de communiquer avec le bout éloigné de la ligne occasionne parfois un retard.

Il faut tenir compte des restrictions suivantes : quand il existe plusieurs défauts sur un même conducteur, on doit les localiser à tour de rôle dans l'ordre inverse de

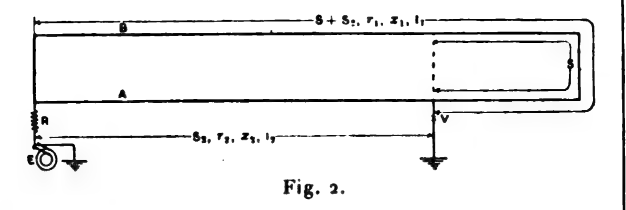


Fig. 2.

leurs résistances d'isolement et les réparer à mesure qu'ils sont découverts. Si les trois conducteurs sont endommagés, celui dont l'isolement est le plus élevé ne

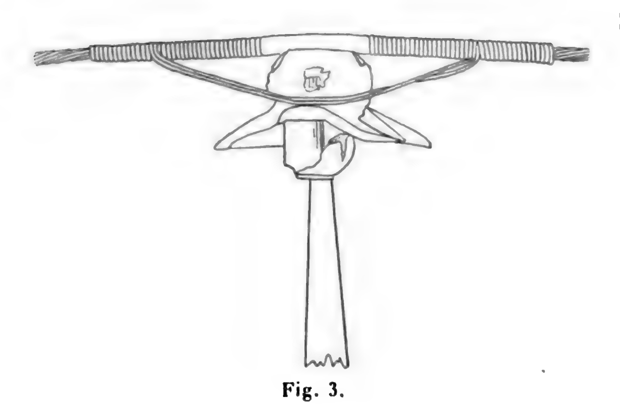


Fig. 3.

peut être essayé jusqu'à ce qu'un des autres ait été réparé. Enfin, si sur un même conducteur il existe deux terres franches assez éloignées l'une de l'autre, la localisation sera entachée d'une forte erreur.

La figure 3 montre un isolateur cassé par le passage d'un arc.

P. L.

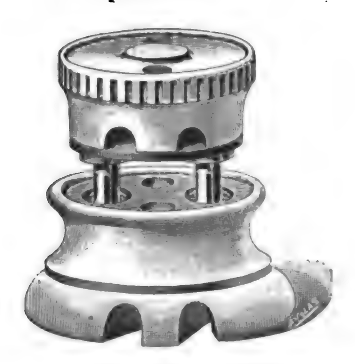
DIVERS.

Prise de courant. G. GOISOT. — Les prises de courant habituellement employées ont en général l'inconvénient que les deux conducteurs souples sortent par une même ouverture.

Il arrive fréquemment que l'on tire la fiche par les fils eux-mêmes, soit volontairement, soit que la fiche glisse des mains : le guipage qui protège et sépare les fils étant ainsi tiré en arrière, ne tarde pas à s'échapper de la prise et à dénuder les deux conducteurs à l'endroit même où ils sont en contact.

Lorsqu'on remet la fiche pour l'allumage les conducteurs font un court-circuit ; le cuivre, vaporisé instantanément sous l'effet du courant intense qui passe malgré les fusibles, s'échappe par l'ouverture en un jet qui peut brûler grièvement la main de l'opérateur. Cet accident est d'autant plus grave que la tension est plus élevée.

La prise de courant qui nous occupe écarte ce danger, car les conducteurs sont séparés à l'intérieur de la fiche par une cloison de porcelaine et sortent par deux ouvertures nettement distinctes. De plus ces ouvertures sont sur le côté de la prise et à sa partie inférieure, de sorte que l'on n'est plus tenté de tirer la fiche par ses conducteurs. La tête de la fiche a d'ailleurs une forme élargie à l'extérieur qui en facilite la tenue en main.



Cette prise de courant est construite par 5 ampères et 35 ampères ; elle peut servir sur les socles en usage. Elle semble devoir rendre de grands services, en particulier dans l'appareillage de traction, où la tension de 500 à 600 volts nécessite un très fort isolement des fils.

Limiteur de courant. Cie DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE. Brevet français, n° 367666, du 13 juin 1906. — Lorsqu'une usine d'électricité a conclu avec un abonné un contrat à forfait, il est nécessaire d'avoir un appareil limitant l'intensité employée, pour empêcher l'abonné de prendre plus d'énergie que n'en prévoit son contrat. Pour répondre à ce besoin on a imaginé le dispositif suivant.

Des fusibles de longueur et de section parfaitement déterminées peuvent être mis en circuit à la volonté de l'abonné. Chaque fusible correspond à une intensité donnée.

Un abonné de 5 ampères, par exemple, aura un appareil permettant de laisser passer 5 ampères par le premier fusible ; les autres fusibles fondront : le deuxième à 6 ampères, le troisième à 7 ampères, etc.

Une résistance se trouve branchée en parallèle avec le fusible de telle façon que l'abonné ne se trouve pas sans lumière par suite de la fusion du plomb ; cette résistance se trouvant alors en tension avec les appareils d'utilisation, les lampes brûlent en veilleuse ou le moteur ralentit. La résistance a une valeur telle qu'une mise en court-circuit momentanée des fils extrêmes de l'installation ne permette pas de laisser passer plus que l'intensité maxima à laquelle le client a droit.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : FESSENDEN. BF. 375396, 5 mars 1907. — FRANKENFIEL. USAP. 850217, et 850248, 17 et 31 mars 1906. — MASCORD. BP. 876, 1906. — TATUM. USAP. 850278, 31 mars 1906. — TAYLOR. DRP. 183512, 20 janv. 1906 (dispositif pour l'accumulation et la répartition d'énergie électrique). — TURBAYNE. USAP. 852639 et 852687, 25 juillet 1906.

Canalisations : *Conducteurs et conduites :* ABERDEEN ELECTRICAL Cie AND BOTTING. BP. 9142, 1906 (conduc-

teur). — Beaver et Claremont. BP. 8238, 1906 (fabrication de câbles électriques). — Donchue. DRP. 186370, 9 mai 1905 (conduites pour conducteurs électriques). — Hale. USAP. 851747, 12 mars 1906 (procédé de séchage des câbles). — Kessler (W. et G.). DRP. 186450, 6 août 1905 (conducteur). — Moore. DRP. 183867, 28 avril 1905 (dispositif pour poser les conducteurs nus dans les conduites). — Unger (Robert d'). USAP. 852778, 19 sept. 1904 (conducteurs). — *Supports, attaches et isolants :* Astafieff. DRP. 183912, 19 mai 1906; BF. 374819, 19 fév. 1907 (dispositif pour fixer et protéger les câbles et conducteurs aériens). — Dolter (Société d'exploitation des brevets). BF. 375092, 26 fév. 1907 (composition isolante). — Jones. USAP. 851671, 12 nov. 1904 (support pour conducteurs électriques. — Koning. BF. 374745, 14 fév. 1907 (goujon en fer à isolateurs ajustables). — Locke. USAP. 852730, 16 nov. 1903 (isolateur). — Meirowsky. DRP. 185493, 29 mars 1906 (isolateur). — Raymond. USAP. 851375, 22 déc. 1904 (support tubulaire courbé pour câbles). — Stotz. USAP. 851705, 10 déc. 1906 (isolateur). — *Connexions, joints :* Bowman. USAP. 852216 (machine pour épissures). — Berry et Harrison. BP. 11676, 1906 (appareil pour connecter les conducteurs électriques). — Lamme. BF. 374682, et 375101, 15 et 26 fév. 1907 (système de connexion). — Tucker. USAP. 852148 (connecteur pour fils). — Williams. BF. 375371, 5 mars 1907 (pince pour lignes électriques).

Prises de courant : *Bornes et boîtes de distribution et de jonction :* Adam. USAP. 851726, 25 juin 1906 (boîte de distribution). — Greenfeld. USAP. 852431, 29 déc. 1905 (boîte de jonction). — Reamer (de). USAP. 852708, 31 oct. 1904 (bouchon et récepteur). — Schade. DRP. 184088, 27 juil. 1904 (prise de contact au moyen d'une pièce métallique formant ressort). — Société industrielle des Téléphones. DRP. 183868, 24 mars 1906 (borne). — Walker. BF. 375050, 25 fév. 1907 (perfectionnements dans les dispositifs collecteurs de courant).

Interrupteurs et conjoncteurs : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 183811, 2 juin 1906 (disjoncteur électromagnétique automatique). — Felten et Guilleaume Lahmeyer-Werke. BP. 17434, 1906. — Guarnieri. BF. 375255, 15 fév. 1907. — Jackson. BF. 374967, 23 fév. 1907. — Lord et Erickson. USAP. 852186, 28 janv. 1907. — Stewart. BP. 10467, 1906 (disjoncteurs). — Stout. BP. 11508, 1906. — Thomson-Houston (Compagnie française pour l'exploitation des procédés). BF. 375264, 20 fév. 1907 (perfectionnements aux interrupteurs à huile).

Commutateurs : Bruun. BP. 27684, 1906. — Crandall. USAP. 851654, 27 juil. 1906 (commutateur tétrapolaire). — Brown, Boveri et Cie. DRP. 186372, 3 mai 1906 (dispositif amortisseur pour commutateurs). — Danson et Buckham. BP. 9348, 1906. — Dewson. DRP. 184091, 9 mai 1906 (commutateur avec soufflage des étincelles au moyen d'air sous pression). — Dorman, Smith et Baggs. BP. 1801, 1907. — Franklin et Seyfert. BP. 7248 A, 1906. — General Electric Co. BP. 10795 et 13601, 1906. — Horch. BP. 18083, 1906. — Manson. USAP. 850070, 9 mai 1904. — Morgan Crucible Cy. BP. 13978 et 23305, 1906 (balais de commutateurs). — Newell. USAP. 851690, 11 août 1902 (commutateur électromagnétique). — Olver et Grawford. BP. 19299 et 13415, 1906. — Wright. USAP. 852690, 12 avril 1905 (commutateur à action progressive produite au moyen de deux électro-aimants).

Résistances et Rhéostats : Brandt. BF. 374589, 13 fév. 1907 (rhéostats à enroulement continu). — Davy. BP. 20703, 1906. — General Electric Cy. BP. 15985, 1906. — James. USAP. 851667, 16 mai 1906. — Reishoff. DRP. 183913, 11 mars 1906 (rhéostat pour usages médicaux et autres). — Siemens-Schuckert-Werke. DRP. 184205, 10 mars 1906 (insertion graduelle des résistances). — Vosmaer. BF. 374935, 22 fév. 1907 (perfectionnements dans les rhéostats).

Coupe-circuits et fusibles : Anderson. USAP. 850334, 18 oct. 1906 (fusible). — Brebach. USAP. 852766, 21 juil. 1904 (coupe-circuit automatique). — Buchanan. USAP. 851157 et 852539, 28 mai et 19 déc. 1906 (fusible ou coupe-circuit). — Case. USAP. 850211, 18 juil. 1906 (coupe-circuit automatique). — Herberts et Herberts. BP. 18086, 1906 (plombs fusibles). — Hewitt et Nolen. USAP. 851420, 5 juin 1903 (thermostat qui coupe le circuit quand la température s'élève). — Hill. USAP. 851808, 22 oct. 1904 (coupe-circuit automatique). — Hoffmann. USAP. 851751, 21 mars 1905 (fusible). — Hornsby. USAP. 850836, 10 déc. 1903 (bloc fusible calculé pour recevoir un fusible de dimension déterminée). — Meyer. BF. 374842, 19 fév. 1907 (perfectionnements aux fusibles). — Peard. BP. 9789, 1906 (coupe-circuit). — Ralls. USAP. 851997, 6 août 1904 (cartouche pour fusible). — Rogers. USAP. 851632, 17 mars 1906 (fusible). — Sachs. USAP. 852037, 9 mars 1906 (fusible). — Schattner. BP. 13600, 1906 (coupe-circuit). — Steljes. BP. 8891, 1906 (coupe-circuit).

Parafoudres : Ball et Seymour. USAP. 851392, 24 oct. 1904 (parafoudre à air). — Cullough (Mac). USAP. 852572, 1er nov. 1906 (paratonnerre pour maison). — Fim. USAP. 852548, 29 oct. 1906 (paratonnerre pour maison). — Thomson-Houston (Compagnie française pour l'exploitation des procédés). BF. 374969, 23 fév. 1907 (perfectionnements aux parafoudres).

Dispositifs de protection divers : Bridge. BP. 17768, 1906 (appareil pour décharges électriques). — Fergusson. USAP. 851739, 9 sept. 1904 (dispositif de protection pour circuit secondaire). — Mershon. USAP. 852026, 8 mai 1905 (dispositif de protection des réseaux électriques contre la foudre et autres troubles d'origine statique). — Wood et Wood. BP. 10148, 1906 (dispositif de sûreté pour conducteurs aériens). — Wood. USAP. 851467, 2 janv. 1907 (moyen pour éviter les étincelles). — Woodbridge et Taylor. USAP. 851149, 21 nov. 1904 (indicateur de pertes à la terre pour lignes à haute tension).

Régulation et appareils de contrôle : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 183635, 26 sept. 1906 (régulation automatique de la tension dans les circuits alternatifs au moyen d'une machine à courant alternatif à collecteur). — Blakeney. USAP. 851856, 7 janv. 1907 (dispositif pour annuler l'effet mutuel de deux lignes parallèles). — Fortescue. USAP. 851658, 23 mars 1906 (bobine de réactance). — Jackson. USAP. 851664, 851665 et 851666, 13 avril 1905 et 9 juil. 1906 (système de contrôle et régulation de voltage). — Kallmann. DRP. 183636, 8 juil. 1906 (résistance de ballast auto-régulatrice pour égalisation du courant de la tension et de la puissance). — Lattig. USAP. 846114, 3 mars 1904 (bobine de réglage). — Scribner. USAP. 852582, 1er déc. 1905 (régulateur électromagnétique de potentiel). — Thompson. USAP. 851709, 26 juin 1906 (régulateur de potentiel). — Verity's Ltd Cy. BP. 8717, 1906 (régulateur de voltage).

Appareils divers : Felten et Guilleaume Lahmeyer-Werke. BF. 374688, 16 fév. 1907 (disposition des appareils électriques de connexion et de réglage munis d'enveloppes protectrices en vue de permettre l'agrandissement de l'installation). — William (Mac). BP. 12463, 1906 (tableau de distribution).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

COMMANDE DE MACHINES.

Commande électrique de laminoir réversible, par H. ALEXANDER (*Electrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 25 juillet 1907, p. 727 à 730). — L'auteur décrit l'installation de Hildegardenhutte (Silésie autrichienne), qui est en fonctionnement depuis un an environ. La disposition, représentée schématiquement par la figure 1, présente les traits principaux suivants : Installation d'un groupe de démarrage à courant continu, lié à un ensemble égalisateur de charge au moyen de volants et de régulateur automatique de glissement d'après le système Ilgner. La station centrale de l'usine fournit du courant triphasé (fréquence 50 sous 3100 volts). Entre la centrale et le moteur du train réversible est intercalé le transformateur muni de volants,

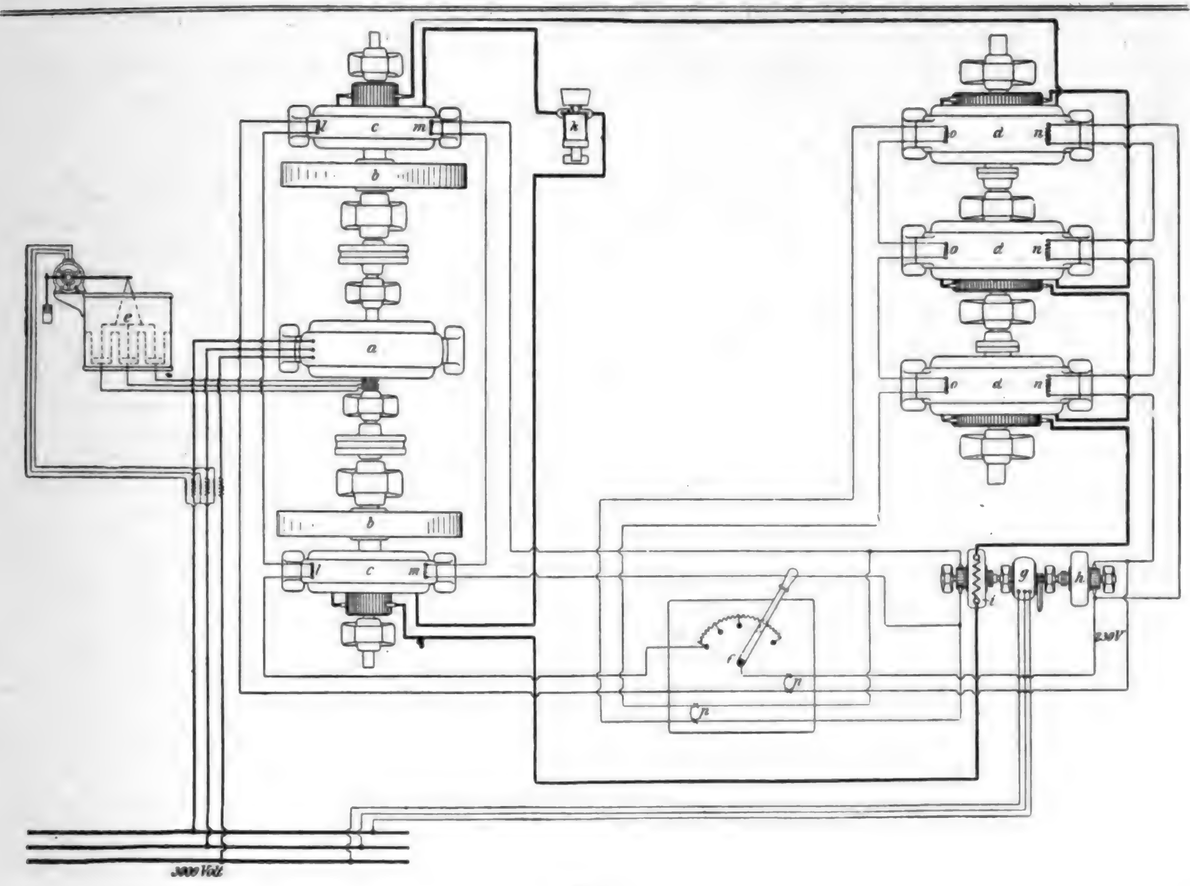


Fig. 1.

a. Moteur triphasé.
b. Volants.
c. Dynamos de démarrage.
d. Moteurs du train de laminoirs.
e. Régulateur de glissement.
f. Régulateur de mise en marche.
g. Moteur triphasé du groupe transformateur.
h. Dynamo d'excitation.
i. Dynamo auxiliaire.
k. Interrupteur à maximum.
l. Excitation principale des génératrices.
m. Excitation auxiliaire des génératrices.
n. Excitation principale des moteurs.
o. Excitation auxiliaire des moteurs.
p. Inverseurs de l'appareil de mise en marche.

composé d'un moteur triphasé asynchrone de 2500 chevaux à 375 tours par minute, de deux dynamos à courant continu et de deux volants en acier coulé pesant chacun 26^t et tournant à une vitesse circonférencielle de 80^m par seconde. Le régulateur de glissement est ici un rhéostat liquide intercalé dans le rotor du moteur

triphasé et réglé par un petit moteur auxiliaire dont le couple dépend du courant pris par le moteur principal. Le nombre de tours de ce moteur peut varier de 375 à 300 tours par minute, de sorte que la puissance vive des masses en mouvement décharge le réseau des oscillations de puissance.

Le train de laminoir est mis en mouvement par trois moteurs à courant continu tournant dans les deux sens, couplés directement sur l'arbre de commande; ils peuvent fournir ensemble une puissance maxima de 10000 chevaux à 110 tours par minute.

Les deux dynamos de démarrage sont couplées en série et donnent une tension variable jusqu'à 1000 volts et peuvent fournir 8000 ampères.

Le réglage du nombre de tours, ainsi que le changement de sens de rotation des moteurs, est effectué par le réglage de la tension et le renversement du sens d'excitation des dynamos du groupe transformateur. Le courant d'excitation des dynamos est fourni, ainsi que celui des moteurs, par un groupe transformateur.

Les conditions de fonctionnement de cette installation sont très dures, le train devant être démarré et arrêté six fois par minute, le nombre de tours normal devant être atteint en 3 à 4 secondes, le couple moyen des moteurs correspondant à 3600 chevaux à 110 tours; ils doivent fournir un couple maximum correspondant à 10000 chevaux à la même vitesse.

Les démarrages fréquents et rapides exigent que les moments d'inertie des induits des moteurs soient aussi petits que possible, et c'est ce qui a fait adopter la solution de trois moteurs couplés sur le même arbre; le Gd^2 de la partie tournante complète est égal à 180000 kg-m², exigeant, pour une accélération régulière de 0 à 110 tours en 4 secondes, un couple correspondant à 2000 chevaux.

En ce qui concerne les dynamos génératrices, la division en deux unités paraît être la solution la plus avantageuse; il s'agit, en effet, de prendre sur le collecteur d'une machine tournant à 375 tours une puissance de 4000 kilowatts, cas qui se présente seulement avec des dynamos accouplées à des turbines. La tension de chacune des dynamos étant égale au maximum à 500 volts, le courant maximum est égal à 8000 ampères.

Toutes les dynamos ont été exécutées avec enroulement de compensation système Deri, de préférence au type à pôles auxiliaires, pour différentes raisons, parmi lesquelles sont la grande capacité de surcharge nécessaire, ainsi que la nécessité d'une excitation très rapide des dynamos de démarrage. Les machines à pôles auxiliaires doivent, en effet, être construites avec un grand entrefer, car autrement, le champ transversal n'étant pas supprimé, il s'ensuit de trop fortes pertes dans les dents de l'induit et des tensions trop grandes entre les lames voisines du collecteur, dues à la distorsion du champ.

L'installation est protégée contre les trop forts à-coups par un interrupteur à maximum qui doit fonctionner seulement dans le cas de pression trop forte des cylindres ou lors du passage de blocs trop froids.

La trop grande facilité de fonctionnement de l'appareil de mise en marche et d'inversion offrait cependant le danger qu'une manœuvre trop brusque amène le fonctionnement répété de l'interrupteur à maximum. Pour éviter cet inconvénient, on a prévu un couplage spécial amortisseur fonctionnant sous l'influence même du courant, constitué par un compoundage particulier des génératrices et moteurs. Les génératrices sont munies d'un compoundage inverse; les réceptrices, au contraire, sont munies d'un compoundage renforçant le champ inducteur; par suite, le courant nécessaire pour une accélération donnée est plus faible, l'affaiblissement du champ de commutation est évité. Le compoundage inverse des génératrices peut être réalisé sans changement de couplage, car, quand le champ s'inverse, le courant est inversé en même temps, de sorte que le compoundage agit toujours dans le sens convenable. Le compoundage des moteurs n'était pas aussi simple à exécuter, car il devenait nécessaire de changer le couplage des inducteurs, ce qui faisait perdre une grande partie des avantages de la disposition de manœuvre adoptée.

La difficulté fut tournée de la manière suivante : Une dynamo spéciale, accouplée avec le groupe d'excitation, fournit le courant de compoundage des génératrices et moteurs; cette dynamo est excitée par le courant circulaire dans le circuit principal; le courant de compoundage est, par suite, assez faible (de l'ordre de grandeur du courant d'excitation); l'inverseur du compoundage des moteurs peut, par suite, être facilement manœuvré à la position de renversement de marche, alors qu'il est sans courant.

Tout l'ensemble de l'installation a fonctionné normalement depuis la mise en marche. E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Machines et appareils : Britton. USAP. 847044, 10 déc. 1906 (contrôleur thermostatique). — Brown. USAP. 847981, 8 déc. 1905 (thermostat); 849456, 2 avril 1906 (indicateur). — Burns. USAP. 847549 (appareil pour courber les fils de bobine). — Cahill. DRP. 184101, 29 mars 1903 (connexions des appareils producteurs et transmetteurs de sons par voie électrique). — Condon. USAP. 848636, 7 juillet 1902 (avertisseurs pour postes de pompiers et de police). — Craft. USAP. 847555, 5 fév. 1906 (dispositif réglable pour relais). — Denny. USAP. 847741, 26 juillet 1906 (marteau électrique à deux solénoïdes). — Elroy (Mac). USAP. 846336, 12 déc. 1903 (signal automatique d'incendie). — Hall. USAP. 848988, 28 nov. 1904 (contrôle du tir d'artillerie). — Heller. USAP. 849842 (contrôle de la fermeture des barrières). — Ihlder. USAP. 848372, 29 juillet 1905 (appareil de levage); 848373 (dispositif de sûreté pour appareils de levage). — Manson. USAP. 847197, 25 mai 1904 (relais). — Molen USAP. 846502, 24 sept. 1903 (signal d'incendie). — Poole. USAP. 845890, 22 oct. 1902 (horloge). — Radtke. USAP. 849698, 23 oct. 1905 (appareil indicateur). — Schattner. USAP. 848925, 6 oct. 1904 (gouvernail commandé par un moteur électrique). — Seifert. DRP. 184133, 12 juillet 1906 (démarrage et arrêt des machines à coudre). — Smedberg. USAP. 846515, 6 juillet 1906 (horloge). — Webster. USAP. 848793, 4 fév. 1907 (relais).



TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉPHONIE.

Appareil pour l'étude des courants téléphoniques, par H. ABRAHAM et DEVAUX-CHARBONNEL (*Comptes rendus*, t. CXLIV, 3 juin 1907, p. 1209). — Cet appareil est le galvanomètre pour courants alternatifs de M. Abraham (¹), lequel est constitué par un cadre mobile dans le champ d'un électro-aimant feuilleté excité par le courant alternatif à étudier.

Dans les essais sur le téléphone, le courant de l'électro-aimant et le courant téléphonique sont fournis par un alternateur à 500 périodes par seconde, construit il y a quelques années par la maison Gramme pour l'École Normale; des expériences de résonance sur self-induction et capacité ont montré que le courant de cet alternateur est suffisamment dépourvu d'harmoniques.

Si l'on désigne par $I \sin \omega t$ le courant d'excitation, et par $i \sin(\omega t + \varphi)$ celui qui traverse le cadre, la déviation est proportionnelle à $Ii \cos \varphi$. Si l'on change d'un quart de période la différence de phase des deux courants sans rien changer aux amplitudes, la nouvelle déviation sera proportionnelle à $Ii \sin \varphi$. Donc l'ensemble des deux mesures donnera l'intensité de la phase, pourvu que l'appareil ait pu être étalonné avec un courant d'intensité connue, en concordance de phase avec le courant d'excitation.

Le problème consiste, somme toute, à se procurer commodément deux forces électromotrices d'amplitudes égales, dont l'une soit exactement en concordance de phase et l'autre exactement en quadrature avec le courant d'excitation, ou plutôt avec le champ magnétique du galvanomètre.

La force électromotrice en phase est obtenue en prenant une dérivation sur une résistance sans self-induction faisant partie du circuit d'excitation. Cette force électromotrice est exactement en phase avec le courant d'excitation, mais elle peut présenter avec le champ magnétique du galvanomètre une différence de phase d'ailleurs très petite. Pour faire des mesures tout à fait correctes, on rétablit l'identité de phase au moyen d'un condensateur mis en dérivation sur la résistance. On contrôle cette identité de phase en s'assurant que l'on ne produit aucune déviation du galvanomètre en envoyant dans le cadre mobile le courant obtenu quand on forme le circuit par un condensateur de faible capacité.

La force électromotrice en quadrature s'obtient, plus simplement encore, en enroulant quelques tours de fil bien isolé autour des pièces polaires de l'électro-aimant du galvanomètre. La force électromotrice ainsi créée est bien en quadrature avec le champ magnétique, car elle donne, dans une résistance sans self-induction, un courant qui est sans action sur le galvanomètre.

Il ne reste plus, enfin, qu'à régler l'égalité d'amplitude des deux forces électromotrices. Ce réglage peut être fait au moyen d'un voltmètre thermique ordinaire, car les forces électromotrices à égaliser sont de l'ordre de quelques volts.

(¹) *La Revue électrique*, t. V, 30 mai 1906, p. 317.

BREVETS RÉCENTS.

Téléphonie : ACKERMANN. USAP. 858775, 27 sept. 1905 (connexion pour service téléphonique de nuit). — AKTIEBOLAGET NAUTISKA. DRP. 186364, 24 mars 1906 (porte-charbon pour microphone à granules). — ALSOBROOCK. USAP. 854552, 30 juin 1906 (commutateur). — ANDERSON. USAP. 858363, 18 mai 1903. — ANDRIANO. USAP. 853855, 22 juil. 1905 (dispositif téléphonique). — BABCOCK. USAP. 853291, 17 juil. 1903. — BLACKBURN. USAP. 859479, 7 mars 1907 (dispositif de protection pour le récepteur). — BEPLER. USAP. 858944 (support pour récepteur). — BERTY (MAC). USAP. 853370, 10 déc. 1904 (jacks pour tableaux téléphoniques). — BEYLAND. USAP. 859731, 10 janv. 1907 (condensateur pour téléphones). BIRSFIELD. USAP. 853337, 13 fév. 1905 (transmetteur). — BROWNE. USAP. 854025, 25 avril 1906 (transmetteur). — CLAUSEN. USAP. 859201. — COOK. USAP. 856570, 28 nov. 1906. — DAVIS. USAP. 853578, 23 nov. 1905 (récepteur). — DEAN. USAP. 853682, 28 juin 1902 (dispositif téléphonique); 854337, 10 juin 1901 (troisième conducteur pour les signaux); 859549 (caisse pour stations payantes). — DEUTSCHE TELEPHONWERKE. DRP. 187632. 3 avril 1906. — DOSBAUGH. USAP. 855391, 1ᵉʳ août 1905 (tableau). — DUCHATEL. BF. 376347 et 376358, 4 avril 1907 (circuit et appareil téléphoniques). — ELECTRIC AND ORDNANCE Cᵒ. BP. 15704, 1906. — ENOCHS. USAP. 854203 et 854204, 24 avril 1905 (appareils pour bureaux téléphoniques). — FALK. USAP. 855394 et 855395, 1ᵉʳ et 2 juil. 1905 (transmetteur). — FORSBERG. USAP. 855168, 27 oct. 1902 (clef téléphonique). — HILDEBRAND. USAP. 854164, 24 août 1905 (commutateur automatique). — HASTINGS. USAP. 856146, 7 mai 1906 (mise hors circuit de lignes téléphoniques). — HEAFORD. USAP. 858454, 31 déc. 1906 (système téléphonique). — KAHL. USAP. 853304, 31 janv. 1906 (bureau téléphonique). — KAISLING. USAP. 856260, 9 avril 1903. — LATTIG. USAP. 859774, 6 juin 1903 (téléphone multiple). — LORENZ. BP. 14090, 1906 (avertisseur pour téléphones); DRP. 186620, 5 août 1905 (microphone à granules). — MANSON. USAP. 854830, 18 oct. 1906 (appel téléphonique). — MEDNURST. USAP. 858739, 8 mars 1907 (téléphone et télégraphe portatifs combinés). — MERK. USAP. 853818, 2 janv. 1907 (téléphone automatique). — MILLER et CLINTON. USAP. 855117, 20 juin 1906 (appareil pour vérifier les lignes téléphoniques). — MIX et GENEST. DRP. 187039, 7 sept. 1906 (téléphone); 187079, 20 juil. 1905 (compteurs pour téléphones). — NEBEL. DRP. 186778, 25 oct. 1906 (microphone à granules). — NORSTROM. USAP. 857959, 31 mai 1900 (bureau téléphonique automatique). — OHNESORGE. DRP. 187635, 18 déc. 1904 (téléphones). — OLIVER. USAP. 858819, 858821 et 858822 (supports divers pour téléphones). — POLLOCK. USAP. 853373 (système enregistreur pour bureaux téléphoniques). — RICHARD BOSSE et Cᵒ. DRP. 187036, 10 mars 1906 (perfectionnements aux microphones). — SCHAFFER. USAP. 859464, 24 déc. 1906 (dispositif pour empêcher le phénomène de la friture dans les récepteurs).

ÉCLAIRAGE.

LAMPES A FILAMENT.

L'éclairage par tubes à vide de Mac Farlane Moore. — Le système d'éclairage proposé et étudié depuis quinze années par M. Moore consiste à utiliser la luminescence produite par un courant alternatif traversant un gaz raréfié enfermé dans des tubes dont la longueur peut atteindre jusqu'à 250^m et qui sont installés au plafond, sur le pourtour entier des appartements que l'on veut éclairer. Les deux électrodes terminales du tube sont reliées au secondaire d'un transformateur-élévateur de tension dont le primaire reçoit du courant alternatif, généralement à 60 périodes par seconde. On commence aussi à employer des tubes fonctionnant avec une seule électrode; ce qui est avantageux pour l'éclairage d'un couloir peu large, bien que le rendement de l'appareil soit moins bon dans ces conditions.

Parmi les facteurs importants du fonctionnement de ces tubes, figurent : la nature et le degré de raréfaction du gaz qu'ils renferment, leur rendement, la qualité de la lumière qu'ils émettent, la puissance du transformateur qui les alimente, leur consommation spécifique, etc. Le lecteur trouvera dans les lignes qui vont suivre tous les renseignements que nous avons pu recueillir dans les périodiques et qui émanent de divers expérimentateurs.

Une des conditions essentielles d'un fonctionnement stable, est le maintien d'une pression constante voisine de 0^{mm},1 de mercure. Après avoir subi la décharge pendant quelque temps, les tubes deviennent durs, comme les ampoules à rayons X, par suite d'une occlusion de l'air due à une action électrolytique entre les gaz et les électrodes; la raréfaction devient donc de plus en plus grande et la résistance prend une valeur incompatible avec le bon fonctionnement du tube. Pour maintenir cette résistance constante, Moore a imaginé une soupape automatique qui laisse rentrer l'air au moment propice et qui est sensible à des variations de pression de $\frac{1}{10000}$ d'atmosphère. Son appareil, représenté en figure 1, est soudé en 6 au tube à vide; 7 est un bouchon de charbon cimenté sur le tube 8 et entouré de mercure 11, dont le niveau peut être réglé par le déplacement du tube de verre 10. Quand la position de ce dernier est telle que la pointe du bouchon de charbon n'est pas recouverte de mercure, l'air entre par l'orifice 14, puis, à travers les pores du charbon, s'infiltre dans le tube à vide; il suffit d'une seconde ou deux pour rétablir la pression convenable dans le tube d'éclairage. L'opération se répète à peu près toutes les minutes. En enfonçant davantage le tube 10, le charbon se trouve noyé sous le mercure : il n'y a plus communication entre l'appareil à vide et l'air extérieur. Les déplacements du tube 10 sont commandés par le noyau 12 du solénoïde 16; la liaison entre 10 et 12 a lieu par le manchon 13. On règle le solénoïde de telle sorte qu'il fonctionne, dans le sens convenable, pour une variation déterminée de la résistance.

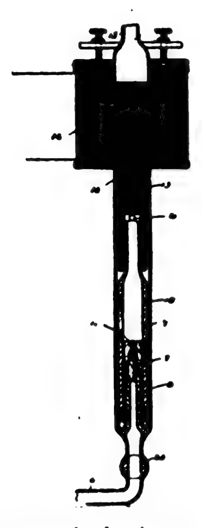


Fig. 1. — Soupape auto-régulatrice pour tubes de Moore.

S. Millar et E. Fitzgerald ont fait des essais sur un tube de 54^m de longueur et 42^{mm} de diamètre installé au plafond d'une galerie de tableaux à 3^m au-dessus du sol. Au moment des mesures, le tube, à air raréfié, émettant par conséquent de la lumière orangé jaune, fonctionnait depuis 1000 heures; à côté et comme termes de comparaison on avait installé : d'une part, 7 lampes Nernst à 6 filaments chacune avec globe opale, alimentées, comme le tube à vide, par du courant alternatif à 60 périodes et placées à 2^m,6 au-dessus du plancher; d'autre part, 88 lampes à incandescence de 8 bougies et 25 de 16 bougies à 2^m,40 de hauteur; l'éclairement a été mesuré en 7 points différents, à 0^m,80 au-dessus du plancher, à l'aide d'un photomètre Weber. Le Tableau suivant contient tous les résultats obtenus :

	Système d'éclairage.		
	Moore.	Nernst.	Lampes à incandescence
Tension moyenne en volts....	243	244	117
Puissance en kilowatts........	3,15	3,92	4,13
» en kilovolts-ampères.	5,64	3,89	»
Facteur de puissance.........	0,56	1,00	»
Éclairement moyen horizontal en lux (moyenne des 7 observations)..................	63	44	15
Écart de la valeur moyenne en pour 100..................	20,3	41,7	28,1

Le tube du professeur Clifford, muni de la soupape décrite plus haut, a 60^m de longueur, une pression intérieure de 0^mm,10 et des électrodes en charbon de 18^cm à 25^cm de longueur, connectées au secondaire d'un transformateur-élévateur de tension dont le primaire reçoit du courant alternatif, à 60 périodes. Le transformateur et les extrémités du tube sont enfermés dans des boîtes en fer; de cette façon, en cas de rupture du verre, les parties haute tension restent toujours isolées.

La figure 2 montre schématiquement le dispositif de

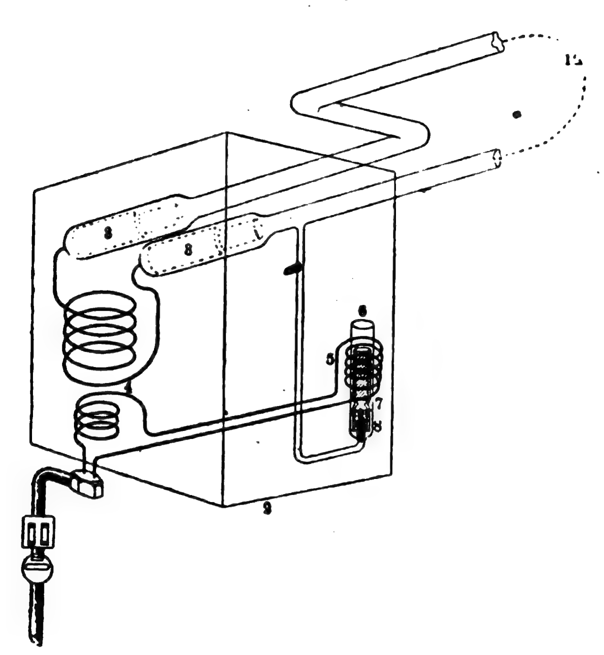


Fig. 2. — Schéma donnant les organes essentiels d'un tube Moore, avec la boîte de protection, de 60^m de long, disposé suivant l'espace à éclairer.

Moore lui-même. 3, 3 sont les électrodes en charbon qui pénètrent dans les deux extrémités du tube; 4, les enroulements du transformateur; 5, 6, 7 et 8 désignent l'ensemble des organes de la soupape de réglage et enfin 2 représente les parois de la boîte en fer.

L'allumage et l'extinction ont lieu du côté basse tension; l'allumage est instantané et automatique. La durée de vie de ces lampes est très longue; après un service de 3000 heures on ne constate encore aucun noircissement du verre. La consommation, par bougie, est de 1,4 watt avec transformateur et 1,2 watt, sans transformateur. On peut faire varier le courant et la tension de telle sorte que le rendement oscille entre 15 et 60 bougies par mètre de tube; le régime normal est de 30 à 40 bougies par mètre. Les lampes intensives sont réservées aux usages photographiques. Pendant les 100 premières heures de fonctionnement, l'intensité lumineuse croît de 35 à 40 bougies par mètre de tube; ce dernier rendement reste ensuite constant pendant 2200 heures environ. Une élévation de tension de 10 pour 100, par exemple de 200 à 220 volts primaires, produit une augmentation un peu moindre de la puissance lumineuse, 6 bougies seulement par mètre de tube. Plus un tube est long, plus sa consommation spécifique s'abaisse. Un tube de 6^m de long fonctionne avec 3500 volts; il faut 11700 volts pour un tube de 63^m avec un transformateur de 4,5 kilowatts.

Il n'y a plus ici aucune proportionnalité entre la longueur et la tension. D'après le professeur Clifford, les puissances des transformateurs nécessaires pour actionner des tubes de différentes longueurs seraient les suivantes (¹) :

Tubes.	Transformateurs.
23^m..............	2 kilowatts
26^m à 40^m.........	2,75 »
42^m à 60^m.........	3,5 »
62^m à 72^m.........	4,5 »

Il y a également intérêt à augmenter la fréquence du courant primaire; un courant alternatif de 60 périodes donne d'excellents résultats.

Malheureusement le facteur de puissance de ces récepteurs est très faible, 0,78 et même souvent 0,60. La couleur de la lumière dépend non seulement du gaz, mais aussi de la nature du verre; nous verrons plus loin les détails donnés sur ce sujet par Moore lui-même; d'après M. Clifford, la lumière jaune d'or est celle qui domine, il y en a aussi des rouges œillet et des blancs. Les tubes à lumière blanche ont le rendement le plus faible. On compte de 30^fr à 50^fr le prix de revient par mètre de tube installé.

Dans une récente séance de l'American Institute of Electrical Engineers (²), M. Moore a communiqué les résultats de ses dernières recherches. Après une description de sa soupape, il en démontre le fonctionne-

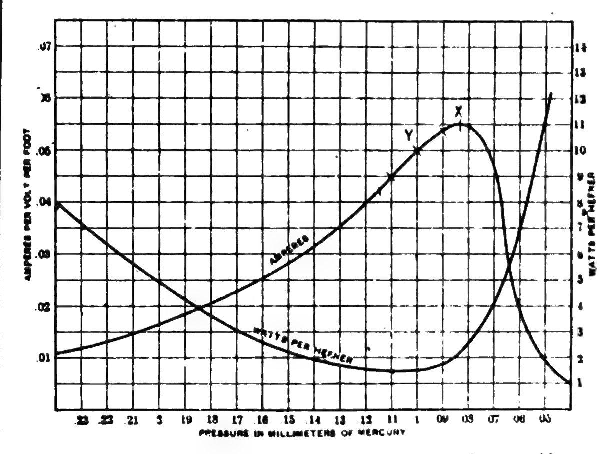


Fig. 3. — Courbes de fonctionnement du régulatenr Moore. Pressure in millimiters of Mercury : pression en millimètres de mercure. — Amperes per volt, per foot : ampères par volt et par pied (0^m,305).

ment théorique d'après les courbes de la figure 3. L'une montre la relation qui existe entre la conductivité du

(¹) *The Illuminating Engineer*, avril 1907, p. 161 à 165.

(²) *Proceeding of Am. Inst. El. Eng.*, avril 1907, p. 523 à 560.

gaz et le degré de vide. Portant en abscisses les pressions exprimées en millimètres de mercure et en ordonnées les intensités en ampères qui correspondent à une chute de potentiel de 1 volt par chaque longueur de 30cm de tube, on voit qu'il y a une raréfaction critique comprise entre 0mm,09 et 0mm,08 pour laquelle l'intensité prend sa valeur maximum de 0,05 ampère; c'est le point marqué X sur la courbe. A l'aide d'une vis dont est muni le plongeur de la soupape, on règle l'appareil pour qu'il fonctionne normalement avec un vide voisin de Y.

Quand, par suite d'un certain service, le tube devient plus dur, c'est-à-dire, quand la pression arrive au voisinage de X, le régulateur entre aussitôt en action. De la deuxième courbe, il ressort que c'est aussi au voisinage de cette pression critique que le rendement du tube est le meilleur ou que sa consommation spécifique est moindre (watts par hefner).

Le conférencier compare alors les éclairements d'un vestibule de théâtre donnés, d'une part, par des lampes à incandescence à 115 volts continus et, d'autre part, par un tube de son système alimenté du côté basse tension par du courant alternatif à 220 volts (*fig.* 4). Ce tube, désigné par la lettre A, contient de l'air raréfié qui donne une lumière orangé jaune. Les mesures ont été faites en 16 points différents. Nous les résumons dans le Tableau ci-dessous :

	Tube Moore (A).	Lampes à incandescence.
Éclairement moyen en lux (moyenne de 16 mesures à 80cm au-dessus du sol)	35	12
Écart moyen en pour 100	27	16
Volts	222	115
Ampères	21	51,75
Watts totaux	3075	5470
Facteur de puissance	0,66	»
Surface en mètres carrés	196,23	196,23
Watts par mètre carré	15,6	28
Watts par lumen	0,46	2,5
Rendement $\frac{\text{lumens}}{\text{watts}}$	2,15	0,39

On voit que le tube Moore a un rendement lumineux plus de cinq fois supérieur à celui des lampes à incandescence. Le tube n'était muni d'aucun réflecteur et cependant il éclairait le plafond d'une façon beaucoup plus brillante que les lampes qui étaient pour la plupart fixées au plafond. Comme on le verra plus loin, le rendement s'améliore encore avec la longueur du tube; et des mesures effectuées sur des tubes auxquels on avait adapté des dispositifs réflecteurs qui les rapprochaient des conditions ordinaires d'éclairage ont montré que la consommation spécifique tombait à moins de 1 watt par hefner.

L'auteur a ensuite comparé l'éclairement d'un magasin par 4 tubes de 61m de longueur désignés (B) et fonctionnant à l'azote qui donne une lumière jaune et par 9 lampes à arc de 10 ampères munies de globes opalins. La hauteur du plafond est de 3m,14; les tubes sont à 2m,71 et les arcs à 2m,62 au-dessus du plancher.

Nous reproduisons dans le Tableau ci-dessous les résultats des mesures :

	Tube Moore (B). Longueur totale 244m.	Lampes à arc.
Éclairement moyen en lux (moyenne de 22 mesures à 0m,90 du plancher)	28	12,5
Écart de la moyenne en pour 100	31	40
Volts	230	122
Ampères	24	53,1
Facteur de puissance	0,62	0,70
Watts totaux	3500	4500
Surface en mètres carrés	347,9	347,9
Watts par mètre carré	10	12,84
Watts par lumen	0,7	1
Rendement $\frac{\text{lumens}}{\text{watts}}$	2,79	0,967

Le rendement lumineux est presque triplé. Les mesures d'éclairement ont été faites avec un photomètre



Fig. 4. — Éclairage d'un vestibule de théâtre.

Marshall. Si, au lieu de l'éclairement, on mesure l'intensité à la manière ordinaire, on trouve que l'intensité lumineuse totale du tube est de 2388 hefners; ce qui, avec une petite correction due aux pertes des extrémités, donne une consommation spécifique de 1,3 watt. L'auteur avait dans ce but construit un photomètre Bunsen spécial.

Un autre tube, désigné par la lettre C et contenant du gaz carbonique qui donne une lumière blanche, a été comparé à 10 lampes à arc en vase clos de 6 ampères, branchées sur un circuit à courant alternatif à 60 périodes et munies de globes opalins de 30cm de diamètre.

Les résultats sont consignés dans le Tableau ci-dessous :

	Tube Moore (C). Longueur totale 64^m.	Lampes à arc enfermé.
Éclairement moyen en lux (moyenne de 16 mesures)	12,4	7,2
Écart de la moyenne en pour 100	37	51
Volts	227	122
Ampères	42	59
Watts totaux	5750	5000
Facteur de puissance	0,61	0,70
Surface totale en mètres carrés	397,6	397,6
Watts par mètre carré	14,8	13
Watts par lumen	1,2	1,8
Rendement $\frac{\text{lumens}}{\text{watts}}$	0,83	0,55

Le tube Moore à acide carbonique a donc un rendement 1,5 fois plus grand que celui des arcs en vase clos, qui, d'ailleurs, étaient suspendus plus près du plancher. Sa lumière blanche est comparable à la lumière naturelle, comme on s'en est rendu compte en éclairant un magasin de porcelaines ornées des couleurs les plus délicates. Il resterait à rechercher parmi les gaz celui qui serait le plus conducteur, et en même temps doué d'un pouvoir sélectif de radiation. Par exemple, l'azote a un rendement presque vingt fois supérieur à celui de l'hydrogène. Ce gaz devrait conserver un haut rendement dans de larges limites d'intensité. La vapeur de mercure (abstraction faite de sa couleur) ne convient pas du tout à ce système de longs tubes, parce qu'elle ne devient économique qu'aux grandes intensités et que ce régime rend les tubes à mercure trop sensibles aux variations de température.

La longueur des tubes Moore actuellement en usage varie entre 13^m et 70^m (*voir* le détail plus haut) avec la puissance des transformateurs correspondants; pour la première catégorie, la consommation spécifique est d'environ 2,5 watts par hefner; elle tombe à 1,5 watt pour ceux de la deuxième catégorie. La règle est d'employer une émission de 40 hefners par mètre de tube.

L'auteur indique dans les courbes ci-dessous (*fig.* 5) comment varient les différents facteurs en fonction de la longueur d'un tube à azote émettant de la lumière jaune.

Comme autres données intéressantes l'auteur signale les courbes de vie de ses tubes; au bout de 50 heures environ ils ont pris leur régime normal, c'est-à-dire une intensité constante de 40 hefners par mètre avec une consommation spécifique de 1,5 watt.

La pression des gaz dans les tubes Moore est de l'ordre du dixième de millimètre. Le régulateur en maintient la valeur au centième de millimètre, ce qui n'est pas chose facile, mais a pu être réalisé grâce à la grande sensibilité du gaz au point de vue de la résistance électrique; par exemple, un tube d'environ 80^m de long prend à la pression 0^mm,11 une intensité de courant d'environ 24 ampères; au bout d'une minute cette intensité s'est élevée à 25 ampères, et le régulateur entre en jeu pour envoyer une nouvelle quantité de gaz qui ramène aussitôt l'intensité à 24 ampères. Il est impossible de distinguer cette légère oscillation dans la lumière du tube.

Ces longs tubes sont construits sur place en soudant ensemble des morceaux de 2^m,60 de long, ayant un diamètre de 44^mm et une épaisseur de verre de 1^mm,5. Un tube de 30^m exige environ 12 soudures dont chacune

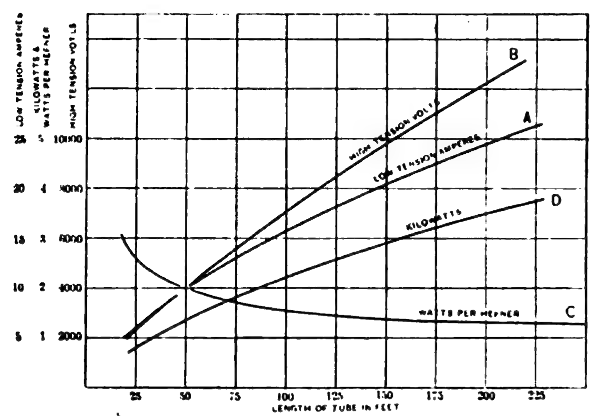


Fig. 5. — Abscisses : Longueur du tube en pieds (0^m,305) = Length of tube in fect.

A. Dépense en ampères dans le circuit primaire = low tension amperes.

B. Tension aux bornes du tube en volts = high tension volts.

C. Consommation spécifique = Watts per hefner. On voit qu'elle est d'autant plus faible que le tube est plus long.

D. Puissance absorbée en kilowatts.

demande à peu près 2 minutes de travail. Les extrémités qui pénètrent dans la boîte terminale sont munies d'électrodes en graphite de 20^cm de longueur. A l'une d'elles est soudée une tubulure capillaire à deux branches (*fig.* 3) dont l'une pénètre en 8 au fond de la valve de réglage, tandis que l'autre peut être réunie par un caoutchouc à une pompe à huile portative avec laquelle on fait le vide. On juge du degré de raréfaction en faisant passer une décharge à travers le tube; de plus, un manomètre très sensible est adapté à l'appareil. Quand le vide est suffisant, on procède au réglage de la valve. Celle-ci est directement en communication avec l'atmosphère quand il s'agit d'un tube à air dont la durée est alors considérée comme infinie. Pour les tubes à azote, on ajoute au régulateur un cylindre de fer contenant du phosphore qui absorbe l'oxygène de l'air; on peut même placer en série plusieurs de ces cylindres, qui sont alors susceptibles de fournir un service de quelques années. Pour les tubes à acide carbonique, on les alimente automatiquement au moyen d'un petit flacon réuni à la valve et contenant un fragment de marbre avec de l'acide chlorhydrique. La réaction ne produit que juste la quantité de gaz nécessaire au réglage du tube. Ce dispositif peut aussi durer plusieurs années; le seul soin qu'il exige consiste à remettre un petit morceau de marbre dans le flacon.

La soupape auto-régulatrice fonctionne également bien qu'on alimente le primaire par du courant continu ou alternatif. Elle s'applique donc aux tubes à rayons X, aux transmetteurs et récepteurs de télégraphie sans fil, etc.

Le Dr Mac Farlan Moore a créé en outre un type de lampe portative fonctionnant à 220 volts et consommant 25 fois moins qu'un arc enfermé, tout en produisant un éclairage 25 fois meilleur.

Il établit une comparaison entre l'éclat de ses tubes et celui des diverses lampes utilisées dans la pratique.

	Éclat en bougies : cm².
Tube Moore { à 20 hefners par mètre	0,05
Tube Moore { à 40 hefners par mètre	0,1
Tube Moore { à 120 hefners par mètre	0,3
Lampe à vapeur de mercure	3
Lampe à incandescence	38
Lampe Nernst	92
Cratère de l'arc	1538

Suit une longue digression sur les avantages de ce système d'éclairage, notamment en ce qui concerne la quantité de la lumière qui varie avec la nature du gaz, l'absence d'ombre et de chaleur, la constance, le grand rendement, les faibles frais d'installation et de surveillance. Il est très curieux de constater les diverses apparences que peut présenter un même tube suivant l'heure de la journée.

Ainsi les tubes jaune blanc ou entièrement blancs le soir semblent respectivement orangés ou bleus à la lumière diffuse du jour. Exposés en plein soleil, on ne peut plus distinguer leur propre lumière.

Les essais stroboscopiques montrent que la variation de la lumière, pendant une période, est moindre que pour les arcs en vase clos. Les essais ont toujours été faits à des fréquences assez élevées; il est probable qu'à 25 périodes par seconde, les résultats seraient moins favorables. B. K.

LAMPES A INCANDESCENCE.

Mesure des valeurs instantanées de la résistance et de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence alimentées par courant alternatif, par JOHANN SAHULKA (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 17 mars 1907, p. 213). — A chaque valeur de la résistance du filament d'une lampe correspond un degré d'incandescence bien déterminé. Il est facile d'établir, d'abord en courant continu, une relation entre ces deux facteurs; à cet effet, on relève la tension aux bornes et l'intensité du courant de la lampe; le quotient de ces deux grandeurs donne sa résistance; on fait en même temps une mesure photométrique par comparaison avec un étalon connu. Portant en abscisses les résistances et en ordonnées les intensités en bougies Hefner, on obtient une courbe analogue à celle de la figure 1 qui résume des expériences réalisées par l'auteur sur une lampe à osmium de la Westinghouse Co. Si, d'autre part, on a pu déterminer, pour une demi-période, la loi de variation de la résistance instantanée de ce même filament en courant alternatif, on déduira du graphique ci-dessus les intensités correspondantes. Pour cette détermination, l'auteur a utilisé le dispositif représenté en figure 2. La lampe L est installée sur l'une des branches d'un pont de Wheatstone, dont les autres branches sont constituées par les résistances de proportion $w_1 = 10$ ohms et $w_2 = 100$ ohms et la résistance de comparaison W. Le courant alternatif venant de la canalisation $k_1 k_2$ est

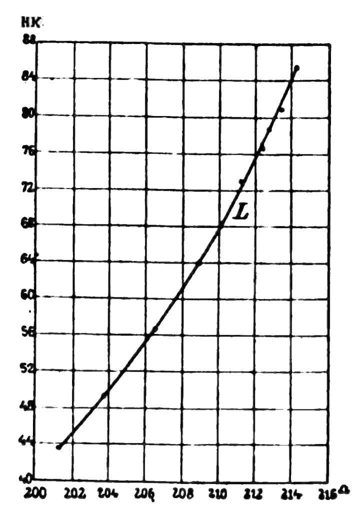


Fig. 1. — Courbes des intensités lumineuses en fonction des résistances d'une lampe à osmium en courant continu.

Échelle. — Abscisses : 1 division = 2 ohms.
Ordonnées : 1 division = 4 bougies Hefner.

réglé par le rhéostat R qui ne doit présenter qu'une très faible chute de potentiel pour ne pas masquer les faibles variations du courant qui traverse la lampe. Le voltmètre V sert à constater la constance de la tension

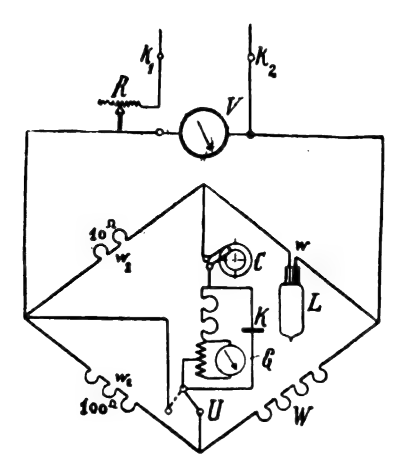


Fig. 2. — Schéma du dispositif pour la mesure de la valeur instantanée de la résistance en courant alternatif.

du réseau pendant toute l'expérience. Le galvanomètre G est du type Deprez à miroir et à shunt Ayrton variable, protégé en outre par une forte résistance de 50 000 ohms; en dérivation, on établit un condensateur K de 1 microfarad. Quand le spot reste au zéro, on a la résistance instantanée cherchée par la relation ordinaire $W \times \frac{w_1}{w_2} = \frac{W}{10}$. L'auteur a de plus relevé la

courbe du courant de la lampe ou plutôt celle de la résistance w_1 qui est la même. Pour cela, il dispose sur la diagonale du galvanomètre, et en série avec lui, un disque de Joubert entraîné par un moteur synchrone. Le commutateur U permet de réaliser les connexions nécessaires à ces deux mesures, qui se font immédiatement l'une après l'autre.

Nous reproduisons dans le Tableau ci-dessous les résultats d'une expérience. La première colonne donne les angles de calage du disque en degrés; la deuxième, les résistances instantanées exprimées en ohms; la troisième, les déviations du spot en centimètres proportionnelles à i; la quatrième, la tension e aux bornes de la lampe, produit wi; la cinquième, enfin, donne en bougies Hefner les intensités lumineuses correspondantes calculées à l'aide de la courbe 1.

Angle de calage du disque.	Résistance instantanée w en ohms.	Intensité i.	Tension $e = wi$.	Intensité lumineuse en bougies Hefner.
0	212,7	−1,75	− 373	78,4
30.....	210,2	+3,57	+ 751	68,5
45.....	209,7	+5,60	+1175	66,8
60.....	209,6	+7,30	+1530	66,4
75....	209,8	+8,45	+1772	67,1
90.....	210,25	+9,15	+1924	68,7
110.....	211,6	+9,02	+1908	73,9
120.....	212,15	+8,70	+1845	76,0
135.....	213,05	+7,60	+1619	79,7
150.....	214,0	+6,17	+1320	83,9
165.....	213,65	+4,25	+ 909	82,4
180.....	212,7	+2,15	+ 452	78,4

La résistance de la lampe, traversée par un courant alternatif, varie entre 209,6 et 214,0 ohms; c'est-à-dire que les valeurs extrêmes ne s'écartent que de 2,1 pour 100 de la valeur moyenne; pour l'intensité lumineuse, la différence est beaucoup plus grande, 23 pour 100. Les variations dépendent évidemment de la nature du filament, ainsi que de la fréquence et de la tension; elles doivent être plus accusées avec des filaments fins qu'avec des filaments de gros diamètre.

Représentations graphiques de ces résultats. — Portons en abscisses les angles de calage, et en ordonnées, successivement, les résistances, les intensités et les tensions (*fig.* 3). Les courbes e et i ont leurs zéros confondus, puisque la lampe ne possède ni self-induction ni capacité. La différence entre les ordonnées de e et i est plus faible dans la branche ascendante que dans la branche descendante; en effet, la résistance du filament n'est pas constante dans l'intervalle d'une demi-période; il y a donc déformation de la courbe du courant. Pendant la période décroissante de e, la lampe se trouve à un degré d'incandescence supérieur à celui de la période croissante; sa résistance est donc plus grande; il faut alors que i soit plus petit.

Avec un filament de carbone, le résultat serait absolument le contraire, à cause de son coefficient de température négatif.

Construisons encore deux courbes (*fig.* 4) avec les i pour abscisses communes, et pour ordonnées les différences entre e et i, d'une part, et les intensités lumineuses, d'autre part. Nous obtenons ainsi deux boucles e et L.

L'auteur appelle la première *boucle d'hystérésis de la résistance de la lampe;* car la distorsion signalée plus

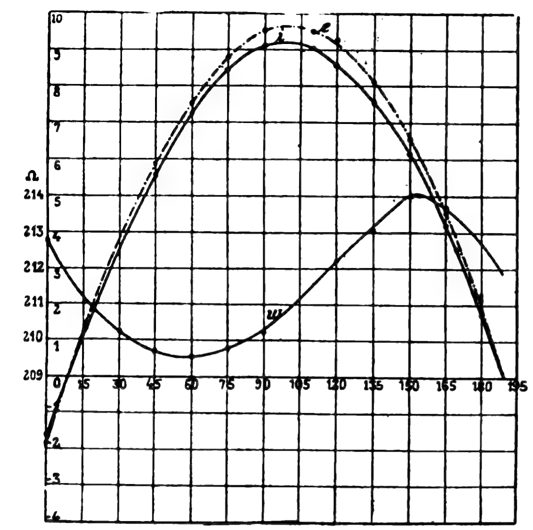


Fig. 3. — e, courbe de la tension instantanée aux bornes d'une lampe à osmium; — i, courbe du courant; — w, courbe de la résistance instantanée, en fonction de l'angle de calage.

Échelle. — Abscisses : angle de calage : 1 division = 15°.

Ordonnées : 1 division représente 20 fois l'unité arbitraire de tension, 1 fois l'unité arbitraire d'intensité et 1 ohm pour la courbe de résistance.

haut dans la courbe du courant ne peut jamais provenir d'un déphasage entre la tension et le courant, puis-

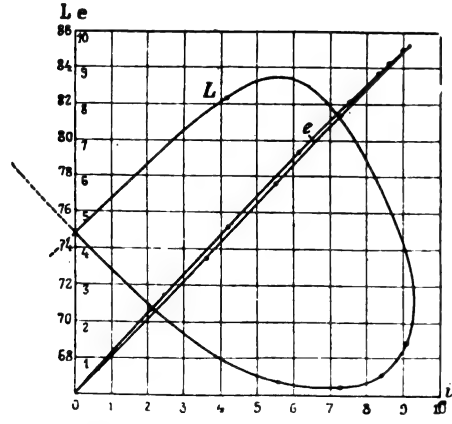


Fig. 4. — e, courbe d'hystérésis de la résistance instantanée d'une lampe à incandescence; — L, courbe d'hystérésis des intensités lumineuses de la même.

Échelle. — Abscisses : 1 division représente 1 fois l'unité arbitraire d'intensité.

Ordonnées : 1 division représente 1 fois l'unité arbitraire de tension. 1 division représente 2 bougies Hefner.

qu'il ne se produit à aucun moment de force électromotrice dans la lampe et que la self-induction du filament est négligeable. Elle résulte donc uniquement

de la variation de la résistance ohmique. A la seconde demi-période correspondrait, dans le quatrième quadrant, une boucle symétrique de la première. La courbe L représente la *boucle d'hystérésis des intensités lumineuses.* Elle a la forme d'un huit couché dont les boucles, symétriques par rapport à l'axe des ordonnées, correspondent respectivement aux deux demi-périodes.

Pour i nul, l'intensité lumineuse prend une valeur à peu près égale à la valeur moyenne des intensités successives. i croissant peu à peu, l'intensité lumineuse décroît (branche inférieure) et atteint son minimum pour i égal à environ 75 pour 100 du courant maximum. Ce décalage considérable du minimum lumineux provient de ce que le courant est d'abord trop faible pour compenser les pertes de chaleur. C'est seulement au voisinage du minimum qu'il y a compensation entre la chaleur produite et la chaleur perdue. Cette particularité se traduit par un palier dans la courbe. Quand le courant est maximum, l'intensité lumineuse n'a pas encore repris la valeur correspondant au courant nul. Le maximum lumineux a lieu pendant la période décroissante de i (branche supérieure), et avec un fort retard sur le maximum du courant; puis la courbe revient couper l'axe des ordonnées au point $i = 0$ et l'on obtient une courbe symétrique dans le deuxième quadrant pendant l'autre demi-période.

On peut aussi relever la courbe d'hystérésis lumineuse par la méthode suivante qu'on pourrait appeler *méthode par éclipse.* L'axe d'un moteur synchrone (*fig.* 5) porte un manchon T sur lequel on fixe, à

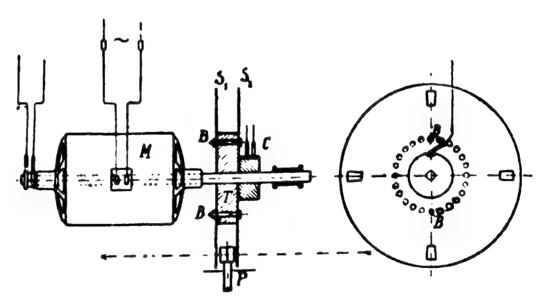


Fig. 5. — Dispositif pour le relevé de la courbe des intensités lumineuses par la méthode des éclipses.

l'aide des boulons B, deux disques S_1 et S_2 percés d'autant de fentes que le moteur a de pôles. Ils sont, en outre, munis d'une couronne de trous qui permettent de faire concorder les fentes avec un instant quelconque de la période. Les fentes doivent être aussi étroites que possible, afin que les mesures se rapportent à une valeur de la phase bien déterminée.

Le disque de contact C est solidaire de S_2, en sorte qu'on peut simultanément relever la courbe du courant. Le photomètre se place entre les disques S_1 et S_2. Il y a donc apparition et éclipse de la source de comparaison (lampe à incandescence) aussi bien que de la source à étudier. Un écran protège l'observateur contre les courants d'air produits par la rotation du moteur. Il est bon aussi de maintenir les foyers lumineux à une distance constante du photomètre: l'égalité des éclairements s'obtient alors en faisant varier l'intensité du courant continu qui alimente la lampe étalon. Dans le cas particulier de l'arc alternatif, on supprime une fente sur deux, les fentes de rang impair, par exemple, parce que l'intensité lumineuse de l'arc ne redevient la même qu'après une période entière. La source de comparaison est, dans ce dernier cas, une lampe Nernst relativement puissante. B. K.

Procédé de fabrication de filaments en tungstène molybdène ou leurs alliages pour lampes à incandescence. J. LUX. Brevet français, n° 370790, du 28 déc. 1905. — On connaît la difficulté qu'il y a à éliminer le carbone des filaments formés par des carbures ou par dépôt sur fil de carbone.

Aussi a-t-on cherché à obtenir directement à cet effet des filaments en métal pur sans support.

On sait que les trioxydes ainsi que les composés halogénés du tungstène et du molybdène se combinent avec l'ammoniaque pour former des sels. L'invention signale la même combinaison avec les mono et polyamines.

Les composés métalliques sont triturés avec un excès d'ammoniaque liquide ou avec des solutions de mono ou polyamines (principalement des composés basiques d'azote et de radicaux alcooliques tels que les butylamines). On obtient par ce procédé des filaments très faciles à travailler.

Procédé d'égalisation des filaments métalliques. G. LUX. Brevet français, n° 371148, 6 nov. 1906. — Au lieu de nourrir le filament pour l'égaliser on le chauffe par le courant en présence d'halogènes, les composés formés se décomposent aux points faibles.

On peut employer des substance qui par leur vaporisation mettent les halogènes en liberté, on peut aussi diluer le corps dans un gaz inerte. La pression convenable varie de $0^{mm},1$ à 1^{mm} de mercure. G. G.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : CARBONE LIGHT GESELLSCHAFT. BF. 374461, 26 janv. 1907. — KORTING et MATHIESEN. DRP. 185214, 27 mai 1906 (lampe à charbons parallèles ou convergents). — KUSCHENITZ. DRP. 185496, 16 juin 1905. — MERMOD frères. BF. 374249, 31 janvier 1907. — MOORE. USAP. 849009, 18 avril 1903. — *Électrodes :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. DRP. 184706 et 184977, 27 avril et 27 oct. 1906. — HEGNER. DRP. 183637, 15 mai 1904 (dispositif pour éliminer les scories isolantes à l'instant de l'allumage des lampes à arcs). — *Suspensions, régulateurs, etc. :* BLONDEL. DRP 185208, 17 janv. 1905 (réglage par frein à air); 185527, 25 mai 1906 (allumage au moyen de l'anneau entourant les charbons). — CLADEL. DRP. 185211, 12 déc. 1905 (lampe à arc à réglage suivant le pont de Wheatstone). — JACOBSEN. USAP. 847580 (suspension réglable). — SIPE. DRP. 183639, 13 déc. 1904 (frein pour lampes à arc). — WICKEN (REINHOLD VON). DRP. 183638, 22 juin 1904 (dispositif de réglage pour lampes à arc à charbons convergents). — WUNDERLICH et HIGHES. DRP. 185497, 15 mai 1905 (suspension).

MESURES ET ESSAIS.

THERMOMÉTRIE.

Thermomètre électrique à résistance. W. C. HERAEUS (Brevet français n° 370756 du 25 octobre 1906). — Les thermomètres à résistance sont généralement constitués par du fil de platine en raison du point de fusion élevé de ce métal. Le fil est enroulé sur un croisillon de mica ou sur un cylindre d'argile et le tout est enfermé dans un récipient protecteur isolant.

Comme le fil n'est pas appliqué contre la paroi de l'enveloppe, la chaleur doit traverser, outre cette paroi, une couche d'air de mauvaise conductibilité thermique, ce qui retarde les indications du thermomètre. D'autre part, le platine subit aux températures élevées une pulvérisation et une oxydation qui, quoique excessivement faibles, augmentent la résistance électrique par diminution de section (1).

L'appareil proposé donne des indications extrêmement rapides, avec une exactitude allant jusqu'au millième. A cet effet, le fil de platine est enroulé en hélice sur une baguette de quartz; on enfile ensuite sur l'ensemble un tube de quartz aussi mince et aussi étroit que possible. On ferme l'enveloppe, sauf sur un point par lequel on fait le vide, en chauffant jusqu'à 1500°. L'enveloppe se ramollit et vient par la pression s'appliquer contre le fil de platine, le fixant sur le premier support et ne laissant aucun intervalle entre ledit fil et sa gaine protectrice (2).

L'inventeur signale un avantage de cette disposition : le fil étant en contact intime avec l'enveloppe, on peut employer pour la mesure des courants plus intenses que ceux habituellement utilisés sans craindre d'échauffement nuisible. G. GOISOT.

Étalonnage de thermomètres à résistance de platine, par H.-C. DICKINSON et E.-F. MUELLER (*Physical Review*, t. XXIV, juin 1907, p. 529). — Ayant eu besoin, pour des expériences de calorimétrie, de déterminer avec une très grande précision la variation de température d'un courant d'eau entre son entrée et sa sortie de l'appareil calorimétrique, les auteurs se sont servis avec succès de thermomètres à résistance de platine. Ces thermomètres sont formés de quatre bandes de clinquant mince ($0^{mm},12$ d'épaisseur); deux d'entre elles sont connectées aux extrémités d'un fil de platine de $0^{mm},02$ de diamètre enroulé sur une lame de mica; les deux autres sont connectées ensemble pour assurer la compensation. Les bandes de la bobine sont enfermées dans une chemise en clinquant dont elles sont isolées par du mica. L'ensemble a environ 1^{mm} d'épaisseur, 7^{mm} de largeur et 15^{cm} de longueur. La résistance de ces thermomètres est comprise entre 30 et 40 ohms. Leur équivalent calorimétrique est de moins de 1^{g} d'eau; aussi prennent-ils leur température d'équilibre à moins de 0°,001 en 3 ou 4 secondes au plus.

L'étalonnement de ces instruments au moyen de thermomètres à mercure étalons a montré que le coefficient δ de la formule de Callendar est pratiquement constant entre 0° et 100°, l'erreur probable résultant de l'hypothèse de cette constance étant de moins de 0°,0005 à 50° C. Cette remarque permet dès lors d'étalonner ces thermomètres très rapidement pourvu qu'on connaisse très exactement une température bien définie entre 0° et 100°. Comme température de repère les auteurs conseillent de prendre la température de transformation du sulfate de sodium, laquelle est de 32°,383 d'après Richard et Wells, et comprise entre 32°,384 et 32°,385 d'après leurs propres mesures.

(1) Cette pulvérisation me semble plutôt produite par formation, puis décomposition de siliciure de platine. Tous les supports contiennent du silicium et plus celui-ci est abondant, plus est rapide le transport du platine sous forme de petits cristaux qui se déposent au voisinage du fil primitif.

(2) Ce procédé d'application de l'enveloppe sur le fil a déjà été signalé : Brevet n° 287716 du 11 avril 1899 (*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*).

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 9355, 1907 (perfectionnements aux compteurs). — ARNO. USAP. 855220, 6 janv. 1906 (compteur pour courant alternatif). — BOWMAN. USAP 856441, 13 nov. 1906 (indicateur de demande maximum). — COMPAGNIE ANONYME CONTINENTALE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS A GAZ ET AUTRES. BF. 377159, 25 avril 1907 (compteurs électriques). — CONRAD. USAP. 853226 (compteur pour courant alternatif). — DEUTSCH-RUSSISCHE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BF. 375746, 5 janv. 1907 (ampère-heure-mètre) — HOLDEN. USAP. 853789 et 853790, 24 janv. et 14 déc. 1906 (compteur à mercure). — MARTIN. USAP. 856412, 2 nov. 1906 (compteur). — MOWBRAY. USAP. 858011, 30 avril 1906 (compteur). — SAUNDERS. USAP. 858474, 27 juin 1905 (attache pour compteurs). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 185491, 24 déc. 1905 (moteur pour compteur). — THOMSON (ELIHU). USAP. 854777, 21 avril 1902 (compteur intégrateur).

Appareils de mesure divers : ABRAHAMSON. USAP. 854709, 27 août 1906 (ampèremètre). — BLATHY. USAP. 853216, 10 août 1905 (méthode et appareil pour la mesure des courants). — DELLA RICCIA. BF. 376309, 6 juin 1906 (système de variateur électrodynamique). — D'HOMERGUE. BP. 7711 (shunts). — EVERS. USAP. 854881, 23 nov. 1905 (ampèremètre portatif). — EVERSHED. USAP. 858335, 28 fév. 1906 (appareil pour la mesure des résistances. Combinaison d'un pont de Wheatstone et ohmmètre). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 13690, 1906 (bobines de réduction). — HARRIS. BP. 14592, 1906 (appareils de mesure). — PRATT. USAP. 859333, 25 sept. 1905 (ampèremètre pour batterie d'accumulateurs).

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Sur la décharge électrique dans les gaz, par P. VILLARD (*Comptes rendus*, t. CXLIV, 10 juin 1907, p. 1261). — L'auteur a montré en diverses circonstances qu'une décharge électrique dans un gaz peut affecter deux formes distinctes. La première est celle qu'on observe d'ordinaire dans un tube de Geissler ou de Crookes. La seconde, caractérisée, même au vide de Crookes, par une vive illumination du gaz et par la suppression des phénomènes cathodiques, produit l'effet d'un court-circuit entre les électrodes; elle décharge complètement un condensateur et permet ainsi l'établissement d'oscillations, lesquelles ne sont possibles que si la différence de potentiel des armatures du condensateur peut passer par zéro, condition qui suppose la suppression de la chute du potentiel cathodique. Dans la Note qui nous occupe, M. Villard décrit quelques expériences montrant qu'il est facile de passer d'une forme à l'autre et base sur les faits observés un essai d'explication de la structure de l'étincelle.

Les expériences consistent à photographier sur une plaque mobile l'étincelle produite par la décharge d'un condensateur de 0,5 à 1 microfarad entre deux électrodes distantes de 10^{cm} enfermées dans un tube où la pression est d'environ 15^{mm}. Le circuit de charge étant d'abord non inductif, on obtient, avec une différence de potentiel de 2300 volts, une décharge incomplète du condensateur; la lumière positive est courte (3^{cm}) et la gaine négative faible. En augmentant la tension, la longueur de la lumière positive augmente, la durée de la décharge diminue et la décharge du condensateur devient de plus en plus complète. Sous 2500 volts, la décharge est complète et la lumière positive atteint la cathode en $\frac{5}{1000}$ à $\frac{8}{1000}$ de seconde. Sous 3000 volts, le trait de feu est presque instantanément établi; la vitesse d'allumage est supérieure à 200^{m} par seconde, il n'y a plus ni gaine négative, ni espace de Faraday. Si alors, sans modifier la différence de potentiel, on introduit dans le circuit de décharge une self-induction de plus en plus grande, la durée de la décharge augmente et l'on repasse de la seconde forme de décharge à la première.

Le fait que la durée de la décharge est modifiée en même temps que son aspect fait prévoir que cet aspect dépend de l'intensité. M. Villard a vérifié cette prévision en étudiant la décharge d'une batterie d'accumulateurs munie d'une résistance réglable. La distance des électrodes étant de 10^{cm} à 15^{cm} et la pression de 15^{cm} de mercure, on a la décharge ordinaire tant que l'intensité est au-dessous de 0,15 ampère. A 0,15 ampère, un brusque changement se produit : la gaine négative disparaît subitement, un arc s'établit et la différence de potentiel aux bornes de la batterie tombe presque à zéro.

La structure de l'étincelle peut dès lors se comprendre, suivant l'auteur, de la manière suivante :

« Pour de faibles intensités et à des pressions telles que la lumière négative ne remplisse pas l'ampoule, la décharge se compose de trois parties distinctes :

» 1° La lumière positive, véritable conducteur dont l'extrémité cathodique est constamment désagrégée par le choc des corpuscules négatifs et dans lequel toute cause d'ionisation intense produirait un espace sombre.

» 2° L'espace obscur de Faraday, produit par les rayons cathodiques dans cet espace, l'électricité est transportée uniquement par convection.

» 3° L'émission cathodique.

» Pour une certaine intensité, la lumière positive peut surmonter l'ionisation et l'espace de Faraday n'existe plus. Les électrodes sont reliées par la lumière positive comme par un conducteur, la chute cathodique disparaît et, avec elle, l'émission des corpuscules. D'autre part, le gradient le long de la lumière positive diminue quand le courant augmente : pour ces deux raisons, la différence de potentiel peut descendre à zéro et permettre les oscillations; on est en présence de l'arc, dans lequel on sait que précisément la chute cathodique manque.

» L'arc électrique et l'étincelle condensée sont donc des décharges réduites à la lumière positive.

» L'inverse a lieu dans une ampoule de Crookes; c'est la lumière positive qui a disparu par suite de l'extension de la lumière négative, et la décharge se réduit à l'émission cathodique. »

Ionisation de l'air par barbotage, par L. BLOCH (*Comptes rendus*, t. CXLV, 1er juillet 1907, p. 54). — L'auteur a étudié l'air ayant barboté à travers l'eau, pure ou additionnée d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique.

Dans le cas du barbotage à travers l'eau ordinaire ou mieux l'eau distillée, l'air se trouve électrisé *négativement*. Cette charge totale négative est la différence entre deux charges inégales, l'une négative, l'autre positive, qu'il est possible de recueillir séparément en faisant passer l'air dans un condensateur cylindrique : l'air est donc ionisé. La mobilité des ions négatifs est voisine de $1^{mm},15$; celle des ions positifs de $0^{mm},80$.

Si l'eau distillée est additionnée de 1^{mol} d'acide sulfurique par litre, l'air est alors chargé *positivement*. Cette charge est encore due à la différence de deux charges de signes contraires; les ions positifs et les ions négatifs ont une mobilité très faible, de l'ordre de $0^{mm},003$. Lorsqu'on étend d'eau la solution sulfurique, on trouve une concentration pour laquelle l'air ne prend aucune charge apparente par barbotage; pour une dilution plus grande on retrouve la charge négative observée avec l'eau pure; la mobilité des ions augmente d'une manière continue avec la dilution.

L'acide chlorhydrique se comporte d'une manière analogue à l'acide sulfurique. Une solution contenant 1^{mol} d'acide chlorhydrique par litre donne une électrisation positive; les mobilités sont de l'ordre $0^{mm},052$. L'inversion du signe de la charge se produit pour une solution $\frac{1}{80}$ normale.

Sur les variations des bandes d'absorption des cristaux de parisite et de tysonite dans un champ magnétique, à la température de l'air liquide, par JEAN BECQUEREL (*Comptes rendus*, t. CXLV, 19 août, p. 413). — On sait que certains cristaux naturels possèdent des bandes d'absorption variables sous l'action d'un champ magnétique (¹), mais ce phénomène est d'autant moins net que les bandes sont plus larges et plus floues et jusqu'à présent l'auteur n'avait réussi à l'observer qu'avec le xénotime et la tysonite. Or aux très basses températures les bandes deviennent plus nettes (²), certaines bandes complexes se résolvent en composantes et beaucoup de bandes nouvelles apparaissent. De plus dans le xénotime et la tysonite les variations de fréquence des vibrations sous l'action d'un champ magnétique ont paru indépendantes de la température : il y a donc avantage pour l'étude des changements magnétiques des bandes des corps solides à plonger ces corps dans l'air liquide.

L'auteur a étudié dans ces conditions les propriétés magnéto-optiques de la *parisite* (provenant de Muso, Colombie) qu'il était intéressant de rapprocher des propriétés de la tysonite; les deux cristaux possèdent, dans les mêmes régions du spectre, des groupes de bandes ayant une même physionomie d'ensemble, mais présentant dans le détail des différences notables.

Le dispositif employé a été le suivant : la lame cristalline normale à l'axe, de 1^{mm} d'épaisseur, est plongée dans l'air liquide à l'intérieur d'un tube à enceinte de vide possédant une partie rétrécie (7^{mm}) que l'on place entre les pôles d'un électro-aimant Weiss : le champ peut atteindre ainsi 15000 gauss entre les pôles percés. Un faisceau intense issu d'une lampe à arc et parallèle aux lignes de force du champ traverse la lame parallèlement à l'axe optique; le spectre est examiné ou photographié dans un spectrographe à réseau de Rowland. Un rhomboèdre de spath, placé devant la fente et précédé d'une lame quart d'onde, permet d'obtenir juxtaposés les spectres d'absorption de deux vibrations circulaires de sens opposés.

Les résultats les plus importants de cette étude sont les suivants :

1° Dans la parisite, de même que dans les cristaux précédemment étudiés, *les vibrations circulaires absorbées de même sens ne sont pas toutes déplacées du même côté* sous l'action d'un champ magnétique. Ce résultat qui, dans les premières expériences de l'auteur, pouvait paraître exceptionnel se généralise donc de plus en plus et conduit à admettre, dans ces cristaux, soit une inversion du champ magnétique à l'intérieur de certaines régions où vibreraient des électrons négatifs, soit l'existence simultanée d'électrons négatifs et d'électrons positifs. En faveur de cette dernière hypothèse, on peut remarquer que l'une des bandes les plus fines de la tysonite ($624^{\mu\mu},97$) se dédouble dans chacun des deux spectres qui correspondent aux vibrations circulaires; elle se comporte comme si elle était due à la fois à des électrons positifs et à des électrons négatifs possédant même période et même rapport de la charge à la masse, les électrons positifs étant les plus nombreux car la composante qui leur correspond est la plus intense.

2° Les déplacements de certaines bandes (parisite $509^{\mu\mu},57$ et tysonite $624^{\mu\mu},97$) sont considérables et correspondraient d'après la théorie de Lorentz, et en admettant que la valeur absolue de la charge soit toujours la même, à des corpuscules possédant une masse environ six fois plus faible que la masse des corpuscules cathodiques.

3° La comparaison des résultats obtenus avec la parisite et la tysonite montre que *les bandes sensibles se trouvent dans les groupes analogues*. Ainsi les groupes compris entre $505^{\mu\mu}$ et $525^{\mu\mu}$ contiennent dans chacun des deux cristaux un grand nombre de bandes sensibles; au contraire, dans les groupes extrêmement nets situés entre 560 et 59·, on ne rencontre pas de bande sensible pour la tysonite et l'on ne trouve pour la parisite qu'une bande à peine perceptible.

En résumé, les propriétés magnéto-optiques de ces deux cristaux de même famille présentent de grandes ressemblances dans l'ensemble, mais aussi de notables différences dans le détail des phénomènes.

(¹) *Le Radium*, t. IV, février et mars 1907, p. 49 et 107.
(²) *Comptes rendus*, 25 février, 23 mars, 13 mai, 17 juin 1907.

Sur le mouvement de l'électricité sans liaisons ni forces extérieures, par T. LEVI-CIVITA (*Comptes rendus*, t. CXLV, 19 août, p. 417). — Dans cette Note, entièrement mathématique, l'auteur part des quatre groupes d'équations fondamentales de Maxwell-Hertz, puis écrit les trois équations d'équilibre d'un élément de volume chargé d'électricité et traversé par un courant mais dépourvu de matière; il obtient ainsi un système de 10 équations à 10 inconnues.

Une conséquence immédiate de ces équations, c'est que, dans un champ électromagnétique *pur* (c'est-à-dire entretenu exclusivement par le mouvement de l'électricité, sans intervention de matière pondérable, ni de liaisons entre les charges électriques, ni d'aucune action extérieure), la densité électrique est nulle; en d'autres termes qu'il ne peut exister nulle part de l'électricité à l'état de repos.

Une autre conséquence, que l'auteur développe par le calcul, est que si l'on suppose le mouvement de l'électricité rectiligne et perpendiculaire à la fois aux forces magnétique et électromotrice, on trouve une densité finie dans certains cas.

Sur le poids atomique du radium, par Mme CURIE (*Comptes rendus*, t. CXLV, 19 août, p. 422-425). — Ce poids atomique a déjà été déterminé en 1902, par Mme Curie, qui trouva alors 225 en opérant sur $0^{g},09$ de chlorure de radium. La nouvelle détermination a été faite sur $0^{g},4$ de chlorure de radium beaucoup plus pur et contenant certainement moins d'un millième de chlorure de baryum; elle a fourni le nombre 226,2, avec une erreur probable de moins d'une demi-unité.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Construction des induits à courant continu. *L'arbre et ses tourillons*, par E.-J. BRUNSWICK et M. ALIAMET, ingénieurs électriciens. Un volume format $19^{cm} \times 12^{cm}$, 171 pages, 35 figures; de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix, broché : $2^{fr},50$; cartonné : 3^{fr}.

Les auteurs ont jusqu'ici consacré trois Volumes de l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire* à l'étude de l'induit de la dynamo, y traitant respectivement de la théorie élémentaire et des règles de bobinage, de l'exécution pratique des enroulements et de l'étude mécanique des armatures.

Dans ce quatrième Volume, ils étudient l'arbre et le montage de l'induit sur le corps de celui-ci. Les Ouvrages de construction se contentent généralement d'emprunter aux Traités de Mécanique et aux formulaires les formules générales. Rompant avec cette habitude, MM. Brunswick et Aliamet ont méthodiquement présenté l'étude d'ensemble et traité des applications numériques qui font bien saisir le maniement de la théorie.

Outre la question des arbres des dynamos ordinaires, celles des arbres de machine à grande vitesse angulaire et des arbres verticaux sont examinées avec soin quant à l'analyse des efforts et à l'établissement des formules exactes et des règles pratiques pour avant-projets.

Dans le dernier Chapitre, et à titre d'exemples numériques, les auteurs calculent trois arbres de dynamo, dont un pour turbo-machine, justifiant les dimensions adoptées.

Signalons encore un très intéressant résumé des procédés de forcement pour le calage de l'induit sur l'arbre.

A signaler également le souci rigoureux de l'homogénéité des notations et définitions, ce qui, comme dans les fascicules précédents, ajoute à la précision et à la clarté de cet intéressant travail.

Drathlose Telephonie (*La Téléphonie sans fil*), par Ernst RUHMER. 1 vol. $17^{cm} \times 25^{cm}$, 152 p. avec 139 figures dans le texte. Imprimerie de l'auteur, Berlin, SW, 48, Friedrichstrasse, 248.

Dans cet opuscule, l'auteur s'est proposé de mettre au point l'état actuel de la téléphonie sans fil; ce livre sera doublement apprécié des amateurs de nouveautés et de progrès, d'abord parce qu'il est unique dans son genre et ensuite parce qu'il sort de la plume d'un physicien qui s'est spécialisé dans ces questions. Il contient deux grandes parties : I. La première est relative à la téléphonie sans fil par rayons lumineux et calorifiques. Un résumé des essais déjà anciens de Bell au moyen du photophone et du termophone est suivi d'une longue description des expériences de Simon et de celles particulières à l'auteur. Avec son installation du lac de Wann, celui-ci est parvenu à transmettre la parole à une distance de 7^{km}. Tous ces dispositifs utilisent la variation de résistance du sélénium sous l'action de la lumière; ils ne semblent plus d'ailleurs susceptibles de bien grands perfectionnements. II. Dans la deuxième partie, M. Ruhmer aborde le problème de la téléphonie sans fil au moyen de l'énergie électrique. L'hydrotéléphonie, qui consiste à utiliser l'eau comme conducteur, n'a pas eu plus de succès que la téléphonie par induction, où l'on utilise l'induction mutuelle de deux circuits voisins. Un dispositif simple, qui schématise parfaitement le principe de cette dernière, comprend, au poste transmetteur, un circuit électrique avec microphone et bobine inductrice, et au poste récepteur, un autre circuit avec téléphone et bobine induite. Il n'y a pas à insister sur ces dispositifs qui peuvent bien transmettre des sons musicaux, mais sont inaptes à reproduire la parole.

La plupart des expérimentateurs ont cherché la solution de la téléphonie sans fil dans les ondes électriques, en utilisant tous les moyens dont on se sert en télégraphie sans fil. La seule différence que présentent les deux montages consiste dans la substitution d'un microphone au manipulateur : dispositif de Marconi, dispositif de l'arc parlant de Simon, dispositif de l'arc chantant de Duddell, etc. Les résultats acquis jusqu'à ce jour sont loin d'être brillants, puisque la plus grande portée atteinte par l'auteur est de 500^m environ; ils montrent cependant que le problème est possible, mais qu'il exige l'emploi d'oscillations beaucoup plus rapides que celles dont on a fait usage jusqu'ici. C'est donc vers la production d'oscillations permanentes que se dirigent les efforts des chercheurs. L'auteur rappelle les expériences de Poulsen dans ce sens, expériences dont la *Revue électrique* a longuement parlé dans ses numéros de février et mars, ainsi que de celles de Simon, Hanemann, Mosler, etc. Bref, le lecteur trouvera dans cet opuscule un exposé, très didactique et illustré de nombreuses figures, de tous les brevets touchant à la téléphonie sans fil et questions connexes. Nous ne saurions trop le recommander aux physiciens qui désirent avoir une idée nette de l'état actuel de cette question.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération. — NOUVELLES USINES GÉNÉRATRICES : 1° *Usine de Bergame*. — La Société anonyme d'électricité Rag. Carlo Zanchi et Cie, de Bergame, vient de confier à la Société anonyme Westinghouse du Havre l'installation complète d'une importante usine génératrice d'électricité. — Cette usine comprendra un groupe turbo-alternateur Westinghouse de 1250 kilowatts tournant à 1500 tours par minute et débitant du courant triphasé à 7500 volts, 50 périodes. La turbine de ce groupe sera pourvue d'un condenseur système Westinghouse-Leblanc ayant une capacité de 11000kg de vapeur à l'heure. — Un second groupe électrogène a aussi été commandé et sera composé d'une machine à vapeur Bellis et Morcom tournant à une vitesse de 250 tours par minute commandant directement un alternateur triphasé Westinghouse de 600 kilowatts, 7500 volts, 50 périodes. La machine à vapeur de ce groupe fonctionnera avec un condenseur Westinghouse-Leblanc du type de 5000kg de vapeur à l'heure. — Le tableau de distribution pour ces deux groupes sera fourni par la Société anonyme Westinghouse. — Les chaudières seront du type Babcock et Wilcox. Elles seront au nombre de quatre de 150^{m^2} de surface de chauffe chacune.

2° *Usine municipale de Milan*. — La Société anonyme Westinghouse du Havre vient de passer un contrat avec la ville de Milan pour la fourniture d'un groupe turbo-alternateur de 3500 kilowatts, tournant à 1250 tours par minute, et débitant du courant triphasé à 8650 wolts, 42 périodes. La turbine à vapeur de ce groupe fonctionnera avec un condenseur à surface avec pompe à air système Westinghouse-Leblanc. — Ce groupe sera installé dans la station centrale de la Via Adige de la ville de Milan.

Applications mécaniques : POMPES ÉLECTRIQUES DE GRANDE PUISSANCE. — La Compagnie Westinghouse vient de fournir à la Powell Duffryn Steam Coal Company, dans le Pays de Galles, deux moteurs d'induction triphasés de 950 chevaux, 3000 volts, 50 périodes, 1450 tours par minute, à induit en cage d'écureuil.

Ces moteurs sont destinés à commander directement, par l'intermédiaire d'accouplements élastiques, deux pompes centrifuges Worthington, type turbine, à six étages, capables chacune d'élever par minute 6133^l à une hauteur de $501^m,50$, y compris l'aspiration, le refoulement et la perte de charge dans les conduites.

Ces pompes électriques sont parmi les plus puissantes construites jusqu'à ce jour et, étant donnée la vitesse de rotation élevée (1450 t. : m.) à laquelle le groupe doit fonctionner, leur construction est tout à fait remarquable.

Le rendement garanti de chaque groupe depuis l'arrivée du courant aux bornes du moteur jusqu'à la sortie du tuyau de la pompe à la surface est de 69 pour 100. Ces deux groupes doivent être installés à la fosse d'East-Elliot.

On a l'intention de les faire fonctionner la nuit, alors que les machines d'extraction et autres appareils sont arrêtés, pour permettre une utilisation plus complète du matériel générateur de la station centrale en lui procurant une charge continuelle.

Traction : LES TRAINS ÉLECTRIQUES SUR LE CHEMIN DE FER DE NEW-YORK, NEW-HAVEN ET HARTFORD. — Le mercredi 24 juillet 1907, la Compagnie des chemins de fer de New-York, New-Haven et Hartford, a inauguré le service électrique de ses trains de banlieue pénétrant à l'intérieur de New-York, complétant ainsi l'électrification des différents réseaux de chemins de fer dans le quartier de Manhattan, et faisant disparaître complètement les locomotives à vapeur de ces voies.

Actuellement, sur le réseau des chemins de fer de New-York, New-Haven, les trains électriques ne partent que de New-Rochelle, mais la zone électrifiée s'étend jusqu'à Port-Chester et, au 1er septembre, les trains électriques feront le service entre New-York et Stamford (Conn.). La dernière des locomotives électriques, qui furent toutes fournies par la Compagnie Westinghouse, a été livrée, et la Compagnie du chemin du fer possède maintenant 35 de ces locomotives chacune d'une puissance de 1000 chevaux.

La mise en service de cette ligne marque une date importante dans l'électrification des lignes de chemins de fer, car c'est la première grande ligne installée avec le système monophasé. Il y a eu un grand nombre de chemins de fer employant le système monophasé mis en exploitation pendant ces dernières années, mais tous étaient destinés à un service interurbain. Le chemin de fer de New-York, New-Haven et Hartford est, comme on le sait, un des plus grands réseaux de l'est des Etats-Unis et le choix du système monophasé pour l'électrification d'une de ces lignes marque un point de départ sur les entreprises antérieures. Ce chemin de fer fut contraint par une décision législative d'abandonner l'exploitation par la vapeur sur le territoire de la ville de New-York. Il y avait déjà plusieurs années qu'il était décidé à adopter la traction électrique et l'année dernière il donna la préférence au système monophasé. Ce contrat fut confié à la Compagnie Westinghouse également chargée de l'équipement de la station génératrice, laquelle est située à Stamford et contient des groupes turbo-alternateurs Westinghouse.

Depuis le 18 avril dernier, toute l'installation électrique est pratiquement terminée, et des trains d'expérience ont été mis en marche. L'ouverture de la ligne au public avait été ajournée cependant jusqu'à l'achèvement des négociations entreprises avec la Compagnie des chemins de fer de New-York Central et Hudson

River, pour l'achat de l'énergie employée pour la marche des trains sur le réseau de cette dernière Compagnie à l'intérieur de New-York.

Le courant pour la station électrifiée est transmis par une ligne aérienne de New-Rochelle jusqu'à la jonction avec les voies de New-York Central près de Woodlawn. A partir de ce point, le courant est pris sur le troisième rail employé sur le réseau de cette dernière Compagnie.

Les trains de la Compagnie des chemins de fer de New-York, New-Haven, sont composés de voitures à voyageurs ordinaires remorquées par une locomotive électrique, et ces trains peuvent atteindre une vitesse de 120^{km} à l'heure. Le premier train qui quitta New-Rochelle à 7^h50^m du matin, le 24 juillet, arriva à la gare de Grand Central à 8^h28^m. La marche du train fut très douce et la locomotive maintint aisément l'horaire fixé.

La Compagnie des chemins de fer de New-York, New-Haven, n'a pas encore fait l'acquisition d'aucun équipement pour voiture automotrice, quoiqu'il est probable que cela se fasse ultérieurement. Tous les trains, pour le moment, sont remorqués par des locomotives électriques. (D'après l'*Electrical Review*, N. Y.)

Chemin de fer électrique monophasé de Visalia a Lemon Cove. — Un intéressant chemin de fer électrique, dont l'installation a été confiée en entier à la Compagnie Westinghouse, sera sous peu en exploitation en Californie et reliera entre elles les villes de Visalia et Lemon Cove en passant par Exeter. Ce sera le premier chemin de fer monophasé de la région employant du courant à 15 périodes.

La sous-station principale qui alimentera le réseau est construite à Exeter à peu près au milieu de la ligne. Cette sous-station principale transformera le courant triphasé à 17500 volts, 60 périodes, fourni par la Mount Whitney Power Company, en courant monophasé à 15 périodes, au moyen de deux groupes moteurs-générateurs de 450 kilowatts chacun. Le courant produit à 11000 volts sera transmis, par une ligne aérienne empruntant les poteaux de la ligne, à trois sous-stations de transformateurs dont l'une située à Exeter et les deux autres à 6^{km} environ de chaque extrémité de la ligne, de sorte que chaque sous-station desservira environ 12^{km} de ligne. Chacune de ces sous-stations contiendra deux transformateurs de 300 kilowatts, 15 périodes, abaissant le voltage de 11000 à 3000 volts, tension d'alimentation du fil de trôlet.

La ligne de trôlet sera construite avec poteaux en bois et consoles latérales et supportera un fil de cuivre suspendu à un câble porteur en acier, suivant le principe appelé *construction catenaire*.

Le matériel roulant comprendra, pour commencer, quatre voitures automotrices à voyageurs, deux voitures remorques, une locomotive électrique et un certain nombre de wagons de marchandises. Les voitures automotrices seront équipées avec quatre moteurs monophasés Westinghouse de 75 chevaux et le système de contrôle à unités multiples. Un équipement quadruple de moteurs Westinghouse monophasés de 125 chevaux chacun sera installé sur la locomotive qui sera pourvue, ainsi que les voitures automotrices, du frein à air Westinghouse.

Ce chemin de fer desservira un marché important d'oranges et de citrons à Lemon Cowe, et l'on prévoit qu'un important trafic de marchandises résultera du transport de ces fruits. Exeter est un centre important d'embarquement et Visalia une cité commerciale très prospère, de sorte que le mouvement des voyageurs sur cette ligne sera important.

Télégraphie : Transmissions radiotélégraphiques. — La semaine dernière des messages ont pu être envoyés, par télégraphie sans fil, de la station de la tour Eiffel aux croiseurs stationnés devant Casablanca, au Maroc. En raison de l'insuffisance de la hauteur d'antennes et de l'énergie des stations de bord, il n'a pas été possible de recevoir à Paris les dépêches expédiées de Casablanca.

Électrothermie : Fabrication des objets en silice fondue. — Les premiers objets de laboratoire en silice transparente étaient obtenus par des tours de main d'une réalisation pénible et assez incertains. Cette silice se vendait au prix du platine. La résistance extraordinaire de ce corps aux variations brusques de température et à l'action des réactifs chimiques l'aurait cependant rendu particulièrement précieux pour la fabrication des récipients destinés aux opérations industrielles. On s'est aperçu que des bulles d'air restant dans la pâte n'avaient pas grand inconvénient. En fondant du sable siliceux au lieu des cristaux des quartz bien transparents employés primitivement, on réduit à rien la valeur de la matière première. Un procédé très ingénieux de fusion et de moulage au four électrique permet maintenant d'obtenir des vases de très grandes dimensions à un prix inférieur à celui de la porcelaine, et ce prix baissera nécessairement au fur et à mesure du développement des applications du nouveau produit.

Le procédé de fabrication est le suivant : on prend un four dont le profil intérieur est celui de l'objet à fabriquer; une lame de charbon le traverse dans sa partie centrale; elle peut être chauffée au blanc par un courant électrique intense et est percée de trous par lesquels on peut souffler de l'air. Le four étant rempli de sable on chauffe au blanc la plaque de charbon et l'on fond à la surface une certaine épaisseur de sable; quand elle jugée suffisante, on écoule par une ouverture à la partie inférieure du four tout le sable pulvérulent non encore aggloméré. Le chauffage est continué un instant pour rendre plus complète la vitrification de la silice, puis une pression d'air brusque donnée par les canaux ménagés dans le conducteur en charbon vient distendre la couche de silice fondue et la mouler contre la paroi du four. Les objets ainsi préparés ont des reflets soyeux extrêmement brillants dus à une infinité de petites bulles d'air allongées en longs canaux pendant l'étirage.

On pouvait voir à la dernière Exposition de la Société de Physique de très beaux échantillons d'objets divers en silice fondue.



Tome VIII. N° 89. — 15 septembre 1907.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS ET ALTERNATEURS.

L'influence des dents et des encoches sur le mode de fonctionnement des induits de dynamo, par R. RUDENBERG (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 4 et 11 août 1907, p. 599 à 623). — L'auteur fait intervenir pour le calcul de la force électromotrice des induits dentés, la vitesse réelle du corps en mouvement et non comme on le faisait généralement une vitesse hypothétique des lignes de forces. En dehors de la force électromotrice induite par le mouvement des fils dans le champ il existe encore une force électromotrice induite par la variation du champ par rapport au temps, de sorte que l'équation de la force électromotrice totale est

$$E = lv(B_2 - B_1) + l\int_{X_1}^{X_2} \frac{\partial B}{\partial t}\,dx,$$

dans le cas où l'induit est denté.

Dans le cas d'un induit lisse, on a

$$E = lv(B_2 - B_1).$$

Les harmoniques inférieurs de la courbe de force électromotrice subissent un changement très faible de quelques pour 100 alors que les harmoniques supérieurs reçoivent des valeurs tout à fait différentes de celles obtenues par la méthode ordinaire du calcul.

Certains harmoniques supérieurs apparaissent dans la courbe de force électromotrice suivant un multiple de leurs valeurs dans la courbe du champ. Il peut se produire une résonance dangereuse entre la période de l'onde supérieure et celle de l'oscillation due aux encoches.

Si la résonance se produit dans une machine à courant continu, les tensions alternatives produisent dans l'enroulement des courants internes qui peuvent atteindre et dépasser le courant principal, ce qui cause une perte constante, indépendante de la charge.

Si la résonance ne se produit pas, les harmoniques supérieurs renforcés arrivent dans le circuit extérieur; dans certains cas, ils ne sont pas commutés et produisent des courants alternatifs superposés au courant continu.

Dans les machines avec inducteurs feuilletés en enroulements d'excitation régulièrement répartis, les nombres d'encoches du rotor et du stator doivent être différents, autrement il se produit de très fortes tensions dues à la résonance.

Par suite de la présence de dents et encoches, il se produit, dans le fer et éventuellement aussi dans le cuivre des dynamos, des pertes additionnelles dues aux courants de Foucault qui peuvent atteindre des valeurs assez considérables. Il se produit également un ébranlement mécanique de toute la machine. A cause de la très grande fréquence, ces pertes croissent plus lentement que le carré de la vitesse. E. B.

Une observation sur les alternateurs monophasés et polyphasés, par F. PUNGA et W. HESS (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 11 août 1907, p. 615 à 618). — On a souvent observé que les paliers des machines à grande vitesse s'usaient de façon anormale et qu'une faible tension pouvait être mesurée entre l'arbre et le corps du palier. Il existe, il est vrai, entre ces deux pièces de machine, une mince couche d'huile dont le pouvoir isolant devrait être suffisant pour empêcher tout passage de courant. Dans la pratique cependant, on s'est aperçu qu'il n'en était pas ainsi et spécialement dans le cas de grandes machines à grande vitesse, cette tension devenait si grande qu'il était nécessaire d'isoler le corps du palier du socle de la machine.

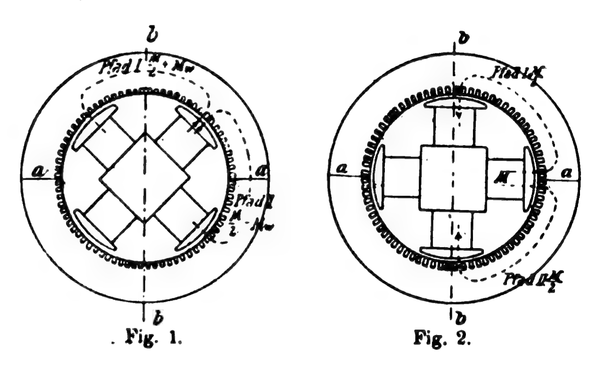


Fig. 1. Fig. 2.

L'auteur montre de quelle manière cette tension se produit : les figures 1 et 2 représentent un générateur à quatre pôles dont le stator est en deux parties; entre ces deux parties existent des entrefers très petits *a*, *a*. Dans la figure 1 le champ occupe une position telle

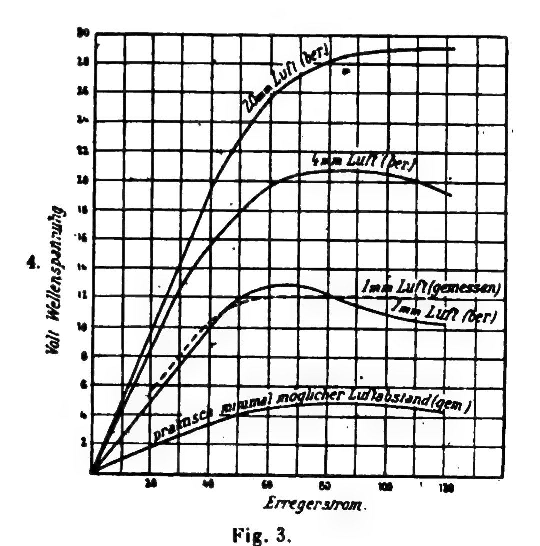


Fig. 3.

que, en *a*, la saturation est maxima. Si nous suivons le trajet des lignes de force, nous voyons que le flux suivant le trajet I (Pfad I) est plus grand que suivant le trajet II, parce que la réluctance de ce dernier est plus grande que pour le premier. On a en I un flux égal à $\frac{M}{2} + M_w$, en II on a $\frac{M}{2} - M_w$ si M est le flux pénétrant dans l'induit par pôle.

Dans la figure 2, au contraire, l'influence des joints est nulle et les flux en I et II sont égaux entre eux et à $\frac{M}{2}$.

De la position de la figure 1 à celle de la figure 2, le rotor complet a coupé le flux M_w; il se produit donc une force électromotrice alternative et il est facile de voir que la fréquence de cette force électromotrice est égale à la fréquence de l'alternateur. Si nous supposons une courbe de force électromotrice sinusoïdale la tension efficace à l'arbre est égale à

$$E = 4,4 \times \text{fréq.} \times M_w 10^{-8}.$$

L'auteur donne l'exemple d'un alternateur à 4 pôles de la maison Alioth de Bâle dont l'entrefer des joints avait été augmenté intentionnellement; le Tableau ci-dessous résume les observations :

Entrefer : 1mm.

COURANT d'excitation.	Φ.	B moy. induit.	Bmax.	Bmin.	Mw.	VOLTS calculés.	VOLTS mesurés.
20	14,5	2590	3800	1380	3,4	5	5,3
40	27,3	4870	7350	2490	6,8	10	10,5
60	39,7	7100	10200	4000	8,7	12,25	12
80	47	8400	11300	5500	8,15	12	12
100	52	9300	12000	6800	7,55	11	12
120	56	10000	12500	7500	7	10,3	12

La figure 3 montre la tension à l'arbre par des entrefers aux joints égaux à 1mm, 4mm et 20mm; les points nécessaires ont été calculés, mais le peu de différence avec les valeurs observées pour l'entrefer de 1mm montre qu'il est possible de considérer ces courbes comme exactes et ces différences montrent seulement que la perméabilité du fer était plus grande que le calcul ne l'avait indiqué.

Les joints étant parfaitement dressés, l'entrefer n'est pas encore nul et peut être pris égal à $\frac{1}{4}$ de millimètre, la courbe de la tension relevée à l'arbre, dans ce cas, est donnée sur la figure 3 (courbe inférieure). On voit que la tension à l'arbre monte de 4,6 volts pour un entrefer de 0mm,25 à 12 volts pour un entrefer égal à 1mm, à 20,5 volts pour 4mm et à 29 volts pour 20mm.

Dans le cas d'une machine bipolaire avec stator en deux parties, il ne peut se produire de force électromotrice à l'arbre, à moins que les tôles ne possèdent pas les mêmes qualités magnétiques; par contre, il peut se produire une telle force électromotrice dans toute machine à $4m$ pôles (m étant un nombre entier); ainsi pour des machines à 8, 12, 16, 20 pôles.

Exceptionnellement on peut être amené à diviser la carcasse des machines en plusieurs parties; ainsi dans une

machine à $2p$ pôles avec stator partagé en n parties, une tension à l'arbre sera mesurable si l'on a $\frac{2p}{n}$ égal à un nombre pair.

La formule de la force électromotrice montre que celle-ci dépend du flux par pôle; par suite la tension à l'arbre sera beaucoup plus importante pour des machines à grande vitesse que pour celles à allure lente. Pour éviter la production de cette force électromotrice on peut choisir un nombre de joints tel que $\frac{2p}{n}$ ne soit pas un nombre pair; par exemple, pour une machine à quatre pôles, il faudrait employer une carcasse avec quatre joints.

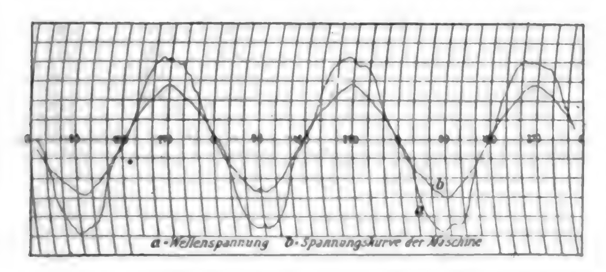


Fig. 4.

La forme de la courbe de la force électromotrice à l'arbre a été relevée à l'oscillographe, pour l'entrefer au joint aussi faible que possible : c'est la courbe *a* de la figure 4, la courbe *b* est celle de la tension de la machine.

L'auteur signale l'utilisation possible de ce phénomène à la construction de machines pour très fortes intensités et faibles tensions, par exemple pour l'électrochimie, et de puissances considérables, 1000 kilowatts et plus, et il en donne un exemple de calcul.

E. B.

BOBINES D'INDUCTION.

Calcul des bobines d'induction, par E.-W. EHNERT (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV; 5, 12 et 19 mai 1907; p. 337, 361 et 377). Dans cet article, l'auteur se propose de développer une méthode simple pour le calcul des bobines d'induction. Avant d'aborder le sujet proprement dit, il passe en revue les différents facteurs qui y jouent un rôle important avec les formules correspondantes, à savoir : l'induction, la self-induction (ou extra-courants de rupture et de fermeture), les courants de Foucault, l'hystérésis et la capacité sous forme d'un condensateur annexé à l'appareil. Nous résumerons brièvement cette partie de son travail en ne reproduisant que les formules et les données d'un usage moins courant.

Tel est, par exemple, le coefficient de self-induction d'une bobine. Si celle-ci a une longueur $l_k - z$, un rayon moyen R et n spires réparties en une seule couche, on a

$$\mathfrak{L} = \frac{4\pi^2 n^2 R^2}{\sqrt{(l_k - z)^2 + 4R^2}} \text{ cm.} \qquad (1)$$

Si la bobine a u couches superposées, ce coefficient est donné par la formule

$$\mathfrak{L} = 4\pi^2 \left(\frac{n}{u}\right)^2 \left\{ \underbrace{\frac{R^2}{\sqrt{4R^2 + (l_k - z)^2}}}_{\text{Première couche.}} + \underbrace{\frac{(R + \delta')^2}{\sqrt{4(R + \delta')^2 + (l_k - z)^2}}}_{\text{Deuxième couche.}} + \underbrace{\frac{(R + 2\delta')^2}{\sqrt{4(R + 2\delta')^2 + (l_k - z)^2}}}_{\text{Troisième couche.}} + \underbrace{\frac{(R + 3\delta')^2}{\sqrt{4(R + 3\delta')^2 + (l_k - z)^2}}}_{\text{Quatrième couche.}} + \ldots + \underbrace{\frac{[R + (u - 1)\delta']^2}{\sqrt{[R + (u - 1)\delta']^2 + (l_k - z)^2}}}_{u^{\text{ième}}\text{ couche.}} \right\},$$

où n représente le nombre total de spires à enrouler; u, le nombre de couches superposées; R, le rayon moyen de la première couche; δ' le diamètre du fil, y compris le guipage et l'intervalle laissé entre deux couches voisines. Ces formules s'appliquent seulement aux bobines sans fer, ce qui n'est pas le cas des bobines d'induction. Le coefficient ainsi calculé doit donc être multiplié par la perméabilité μ; il n'est donc plus constant, mais dépend de l'intensité du courant. Pour avoir sa valeur en henrys, il faut diviser par 10^9

Les courants de Foucault, qui prennent naissance dans les noyaux de fer, s'opposent à l'établissement et à la disparition rapides du champ, ce qui a pour conséquence une diminution de la puissance au secondaire. On remédie partiellement à cet inconvénient en employant comme noyaux des faisceaux de fils. L'hystérésis est nuisible aussi; on pallie ses effets en utilisant des fers très doux et des noyaux courts. La pratique a démontré que la longueur la plus favorable est donnée par la relation

$$l_k = (10 \text{ à } 22) \times \text{diamètre du noyau.} \qquad (2)$$

Les formules relatives aux condensateurs sont bien connues. Nous reproduisons seulement dans le Tableau ci-dessous les constantes diélectriques d'un certain nombre de substances isolantes.

SUBSTANCES.	CONSTANTES diélectriques.	SUBSTANCES.	CONSTANTES diélectriques.
Air	1	Verre (léger)	2-5
Paraffine	1,9-2,32	Verre (lourd)	5-10
Gomme laque	3-3,2	Ébonite	2,5-3
Cire	2	Soufre	2,8-4,2
Mica	5-8	Résine	1,77
Caoutchouc vulcanisé	2,5-3,5	Essence de térébenthine	2,3
Pétrole	2,1-2,5	Gutta-percha	3-5
Huile d'olive	3,1	Papier paraffiné	2,25
Soie	4		

LE PRIMAIRE : BOBINE, NOYAU ET SOURCE DE COURANT. — Pour faire le calcul d'une bobine, on part du circuit primaire et l'on se donne d'abord la longueur et le diamètre du noyau. Celui-ci n'est pas recouvert de fil jusqu'à ses extrémités; nous représenterons donc par $l-z$ la longueur efficace de la bobine primaire formée de fils de cuivre avec double isolement à la soie. Plus est grande l'intensité du courant d'alimentation, plus doit être grande la section à donner au fil, mais plus il faut alors de place pour loger un nombre déterminé de spires, ce qui entraîne une augmentation de la self-induction et de la tension primaires. Avec un fil fin, la résistance ohmique devient considérable et les pertes par effet Joule croissent très vite. Pour une longueur d'étincelles déterminée, l'expérience a montré que les diamètres des fils nus à adopter sont les suivants :

Longueur d'étincelle, en cm......	8	10	15	25	35	50
Diamètre δ du fil primaire nu, en millimètres............	1	1,2	1,5	2	2,5	3

Le diamètre du fil isolé, y compris le jeu résultant de l'enroulement, se déduit de la formule

$$(3) \qquad \delta' = (0,035 \text{ à } 0,050) + \delta \text{ cm}.$$

Le plus fort coefficient, 0,050, s'applique aux conducteurs de 3mm de diamètre; le plus faible, 0,035, à ceux de 1mm.

La bobine primaire ne s'enroule pas directement sur le noyau; il y a toujours interposition d'une matière isolante : papier paraffiné, feuille de caoutchouc, etc., ou encore on plonge le noyau dans un tube isolant. Soit a l'épaisseur double de ce tube avec le jeu, le rayon de la première couche est

$$(4) \qquad R_p = \frac{D+a+\delta'}{2},$$

celui de la deuxième :

$$\frac{D+a+\delta'}{2} + \delta' = \frac{D+a+3\delta'}{2},$$

celui de la troisième :

$$\frac{D+a+\delta'}{2} + 2\delta' = \frac{D+a+5\delta'}{2},$$

celui de la $u^{\text{ième}}$:

$$\frac{D+a+\delta'}{2} + (u-1)\delta' = \frac{D+a+(2u-1)\delta'}{2}.$$

S'il y a u couches superposées, la longueur totale de fil s'obtient en faisant la somme

$$\pi(D+a+\delta') + \pi(D+a+3\delta') + \ldots + \pi[D+a+(2u-1)\delta']$$

ou

$$(5) \quad l_p = \frac{n}{u}\pi[(D+a)u + u^2\delta'] = n\pi[(D+a)+u\delta'].$$

Sa résistance en ohms est

$$(6) \qquad r = \frac{1}{55\times 10^4}\,\frac{l}{\pi\dfrac{\delta^2}{4}}.$$

On déterminera n en se donnant à l'avance la valeur de l'induction $\mathfrak{B}$, que l'on choisira d'ailleurs assez grande pour que le noyau soit sensiblement saturé. On déduira les valeurs correspondantes du champ $\mathcal{H}$ et de la perméabilité μ du Tableau ci-dessous ou de tout autre publié dans les Manuels d'Électrotechnique.

$\mathfrak{B}$.	$\mathcal{H}$.	μ.	$\mathfrak{B}$.	$\mathcal{H}$.	μ.
5000	1,66	3000	14000	17	823
9000	4	2250	15000	28,5	526
10000	5	2000	16000	52	308
11000	6,5	1692	17000	105	161
12000	8,5	1412	18000	200	90
13000	12	1083	19000	350	54

D'autre part on a, entre le champ $\mathcal{H}$ et les ampères-tours ni, la relation

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi ni}{10\times l_k},$$

d'où

$$(7) \qquad ni = \frac{10\mathcal{H}\times l_k}{4\pi} = k_1.$$

Il est indifférent de prendre 100 tours et 10 ampères, ou 10 tours et 100 ampères, ou encore 250 tours et 4 ampères. En donnant à i différentes valeurs, on tirera de (7) les valeurs correspondantes de n; quant au nombre de couches u, il se déduit de la relation

$$(8) \qquad u = \frac{k_1\delta'}{i(l_k - z)},$$

car on a

$$\frac{n}{l_k - z} = un',$$

n' représentant le nombre de tours-cm. pour une seule couche. Si δ' est le diamètre du fil, on a

$$n'\delta' = 1$$

ou

$$n' = \frac{1}{\delta'};$$

en substituant il vient

$$u = \frac{n\delta'}{(l_k - z)} = \frac{ni\delta'}{i(l_k - z)} = \frac{k_1\delta'}{i(l_k - z)}.$$

En pratique, u n'est jamais supérieur à 4.

Le plus souvent la bobine est actionnée par un courant primaire dont la tension peut varier entre 65 et 220 volts et qu'on règle au moyen d'un rhéostat; mais, s'il s'agit d'établir une bobine fonctionnant à une tension bien déterminée, il faut serrer les calculs de plus près.

L'application de la loi d'Ohm $e = ir$ donnerait, en effet, une valeur trop faible pour e, car la self-induction $\mathcal{L}$ oppose aussi au passage du courant une résistance qui est d'autant plus grande que le temps t dans

lequel i atteint son maximum est plus court. On substitue à r une résistance apparente Z donnée par la relation

$$Z = \sqrt{\frac{\mathcal{L}^2}{t^2} + r^2} \quad (^1),$$

et alors

$$(9) \qquad e = i \times \sqrt{\frac{\mathcal{L}^2}{t^2} + r^2}.$$

Nous passons maintenant à la détermination de $\mathcal{L}$, qui n'est pas sans difficultés, car ce coefficient dépend du diamètre du noyau, du nombre total de spires et du nombre de couches. Pour une première approximation, on pourra se servir de la relation (1) sous la forme suivante :

$$(10) \quad \mathcal{L} = \frac{0{,}4\,\pi^2}{10^8}\left(\frac{l_k - z}{\delta'}\right)^2 \times \left\{ \underbrace{\frac{R_p^2}{\sqrt{4 R_p^2 + (l_k - z)^2}}}_{\text{Première couche.}} + \underbrace{\frac{[R_p + (u-1)\delta']^2}{\sqrt{4[R_p + (u-1)\delta']^2 + (l_k - z)^2}}}_{u^{\text{ième}} \text{ couche.}} \right\} \frac{u}{2}\mu.$$

On s'est imposé le diamètre D du noyau; sa section active est alors

$$\frac{\pi D^2}{4} x = s,$$

où x est un coefficient expérimental qui dépend d'un certain nombre de facteurs, comme le montre le Tableau ci-dessous :

Longueur d'étincelle en centimètres.	Longueur du noyau en centimètres.	Diamètre des fils qui constituent le noyau en millimètres.	Coefficient x.
8	15 à 20	0,8	0,84
10	20 à 25	1	0,82
15	25 à 35	1,2	0,80
20	30 à 42	1,4	0,78
25	35 à 50	1,5	0,77
30	48 à 60	1,6	0,76
35	52 à 58	1,7	0,75
40	62 à 70	1,8	0,74
50	80 à 90	1,9	0,73
60	100 à 120	2,2	0,715
70	120 à 140	2,5	0,70

Le flux de force qui traverse le noyau est donc $\Phi = \mathfrak{B}s$. Pendant le temps t de la fermeture, la source primaire fournit une quantité d'énergie représentée par

$$A_L = \frac{ite}{2} \text{ joules};$$

mais à cause des pertes diverses, notamment par hystérésis et courants de Foucault, cette énergie se réduit à

$$A_L \varphi = \varphi \frac{eit}{2} = A_E,$$

où $\varphi < 1$. Cette énergie se retrouve dans l'extra-courant; on a donc

$$A_E = \varphi \frac{eit}{2} = \frac{e_s i_s T}{2},$$

T désignant la durée de l'extra-courant, e_s sa tension moyenne et i_s son intensité moyenne.

On calcule encore i_s par la relation

$$i_s = \frac{e_s}{\text{résistance apparente}} = \frac{e_s}{\sqrt{\left(\frac{\mathcal{L}}{T}\right)^2 + r^2}}.$$

Comme $\frac{\mathcal{L}}{T}$ est très grand par rapport à r, on peut écrire

$$i_s = \frac{e_s T}{\mathcal{L}}.$$

En portant cette valeur de i_s dans les formules ci-dessus, il vient

$$\frac{e_s^2 T^2}{2\mathcal{L}} = \frac{ite}{2}\varphi.$$

La tension de rupture e_s induite dans les spires primaires au moment de l'évanouissement du champ se déduit aussi de la relation

$$e_s = \frac{\Phi - \Phi_0}{10^8 T} \times n,$$

où Φ_0 est le flux dû au magnétisme rémanent. Remplaçons e_s par cette valeur, on a

$$\frac{(\Phi - \Phi_0)^2}{10^{16} T^2} n^2 \frac{T^2}{2\mathcal{L}} = \frac{ite}{2}\varphi = A_E,$$

$$\frac{s^2(\mathfrak{B} - \mathfrak{B}_0)^2 n^2}{10^{16} 2\mathcal{L}} = \frac{ite}{2}\varphi = A_E.$$

De là on tire

$$\mathfrak{B}_0 = \mathfrak{B} - \sqrt{\frac{A_E 10^{16} 2\mathcal{L}}{n^2 s^2}}.$$

Cette formule donne une idée de l'importance du magnétisme rémanent.

LE SECONDAIRE. — La tension E de l'étincelle n'est pas proportionnelle à la distance explosive; elle dépend d'un certain nombre de facteurs et en particulier de la résistance de la couche d'air entre les pôles, du nombre de spires de la bobine secondaire, de la durée de l'extra-courant, et, par suite, de la capacité du condensateur, de la self-induction de la bobine primaire, du nombre d'interruptions par seconde et enfin de l'intensité de l'étincelle, de telle sorte que, la distance explosive restant la même, la tension de l'étincelle croît avec le courant. Comme pour les transformateurs, on peut écrire ici que les tensions induites et inductrices sont proportionnelles aux nombres de spires ou

$$\frac{E}{e_s} = \frac{\xi}{n},$$

ξ étant le nombre de spires de la bobine secondaire. M. Klingelfuss, de Bâle, a calculé la tension de rup-

(1) La valeur de t dépend de l'interrupteur; avec l'appareil à marteau donnant quinze interruptions à la seconde, on a $t = \frac{1}{2}\frac{1}{15}$ au maximum, comme nous l'expliquerons plus loin.

ture e_s sur un grand nombre d'excellentes bobines et il a trouvé que sa valeur en général satisfaisait à la relation

$$e_s = (100 \text{ à } 200) \times \text{la tension de la source primaire.}$$

Il a ensuite dressé la Table suivante des valeurs de E :

TABLE IV.

Longueur d'étincelle en centimètres cubes.	Tension en milliers de volts.
10	107
20	156
30	183
40	220
50	267
60	323
70	387
80	473
90	618

Dans le calcul d'une bobine, il sera bon de prendre comme base une tension de 10 à 20 pour 100 plus grande. Donc, la distance explosive étant fixée à l'avance, 60^{cm} par exemple, la Table IV donnera la valeur de E correspondante, soit 323000 volts, ou, pour tenir compte du pourcentage, 360000 volts.

D'autre part, on a

$$E = \frac{\Phi - \Phi_0}{10^8 T} \xi;$$

d'où

$$\xi = \frac{10^8 ET}{\Phi - \Phi_0};$$

T représente la durée de l'extra-courant (sa détermination sera indiquée plus loin).

Pour les étincelles longues, on constituera l'enroulement de fil nu de $0^{cm},01$ à $0^{cm},015$ de diamètre; et pour les étincelles courtes et denses, de fil de $0^{cm},016$ à $0^{cm},025$. Avec le double équipage à la soie et l'imprégnation de paraffine, le diamètre devient

$$d' = 0,024 \text{ à } 0,026 + d \text{ cm}.$$

La longueur du fil secondaire, en appelant h l'épaisseur des couches superposées, est

$$l_s = (D + m + h)\pi\xi, \qquad \text{où} \qquad m = a + u\delta'$$

et sa résistance

$$r' = \frac{1}{55 \times 10^4} \frac{l_s}{\pi \frac{d'^2}{4}}.$$

Pour calculer h, on écrit : d'une part, que le volume occupé par le fil de longueur l_s et de diamètre d' est égal à $l_s \times \frac{\pi d'^2}{4}$, et, d'autre part, que ce volume est la différence de deux cylindres de diamètres $D + m + 2h$ et $D + m$; on arrive à la relation $4hl = \pi d'^2 \xi$, l étant la longueur de la bobine secondaire qui doit toujours être inférieure à celle du noyau.

LE CONDENSATEUR. — L'énergie emmagasinée au moment de la fermeture et restituée sous forme d'extra-courant est, comme nous l'avons vu, $A_E = \frac{\varphi eit}{2}$. Cette énergie se dissipe sous forme d'étincelle à l'interrupteur, ce qui a l'inconvénient de brûler les contacts et d'empêcher la disparition rapide du champ. On y remédie en plaçant un condensateur en dérivation sur le circuit primaire; ce condensateur prend la charge due à l'extra-courant et joue un rôle capital dans le bon fonctionnement de la bobine. Soit C sa capacité, e_s la force électromotrice de self-induction; on a

$$A_E = \frac{C e_s^2}{2} = \frac{\varphi eit}{2};$$

d'où

$$C = \frac{\varphi eit}{e_s^2},$$

en farads. Pour avoir C en unités absolues C.G.S., il faut multiplier par 9×10^{11}. Le courant de charge est

$$i_s = \frac{Ce_s}{T} = \frac{2A_E}{Te_s}.$$

L'auteur fait remarquer qu'on peut admettre qu'à chaque instant de la période T, i_s est égal à i. La surface totale du condensateur se déduit ensuite de la relation

$$C = K\frac{S}{4\pi\varepsilon}, \qquad S = \frac{4\pi\varepsilon C}{K}.$$

Si α et β sont les dimensions des feuilles d'étain, il en faudra $g = \frac{S}{2\alpha\beta} + 1$ pour réaliser le condensateur.

INFLUENCE DE LA GRANDEUR DU CONDENSATEUR SUR LA LONGUEUR D'ÉTINCELLE. — Il importe de bien insister sur ce point que la grandeur du condensateur ne doit pas être quelconque. A une bobine actionnée par un interrupteur de fréquence déterminée convient seulement un condensateur déterminé. Si le nombre des ruptures ou la tension primaire changent, il convient aussi de changer le condensateur pour obtenir toujours l'étincelle maxima; dans la pratique, les grosses bobines sont munies d'un condensateur variable. On trouvera la capacité la plus favorable par le calcul d'abord, puis surtout par l'expérience en utilisant différents interrupteurs et différentes tensions. On verra alors que la distance explosive croît jusqu'à un maximum, pour décroître ensuite quand on augmente la capacité du condensateur au delà de cette valeur optima. Un calcul simple permet de se rendre compte de l'influence de la capacité. De $\varphi\frac{eit}{2} = \frac{e_s is}{2}T$, on tire

$$T = \frac{et}{e_s}\varphi, \qquad \text{car} \qquad i_s = i.$$

Avec un courant primaire de 16 ampères, 25 volts, un rendement $\varphi = 0,80$ et une durée de fermeture de $t = \frac{1}{40}$ de seconde, on a

$$T = \frac{1}{2}\frac{1}{e_s}.$$

Portant cette valeur de T dans $C = \frac{i_s}{e_s}T$, on en tire

$$e_s^2 = \frac{8}{C}.$$

On donne à C différentes valeurs et l'on en tire les valeurs correspondantes de e_s, puis celles de E par $E = e_s \frac{\varepsilon}{n}$ en prenant le rapport $\frac{\varepsilon}{n}$ égal à 200. De la table IV on déduira la longueur d'étincelle correspondante. Nous reproduisons dans le Tableau V les calculs de l'auteur.

C en unités C.G.S.	e_s en volts.	T en fractions de sec.	E en volts.	Distance explosive en cm.	Remarques relatives à la capacité C.
720000	3162	$\frac{1}{6324}$	632400	44	C est trop petit, il y a des étincelles à la rupture.
1440000	2236	$\frac{1}{4472}$	447200	78	C est bien calculé.
2880000	1581	$\frac{1}{3162}$	316200	59	C est trop grand.
4320000	1290	$\frac{1}{2580}$	258000	48	C est beaucoup trop grand.

Influence de la self-induction primaire sur la longueur d'étincelle. — L'excitation des tubes Röntgen, tantôt durs, tantôt mous, exige des bobines réglables au point de vue de la longueur d'étincelle et de la fréquence des ruptures. L'étincelle se réglerait assez facilement par la variation des interruptions, si celles-ci n'entraînaient pas en même temps une variation de l'énergie utile, comme nous le verrons plus loin.

Dans les fortes bobines, les différentes couches de fils sont disposées pour pouvoir être couplées, soit en série, soit en parallèle, soit en série-parallèle. Au premier montage correspond un coefficient de self-induction maximum, au deuxième, un coefficient minimum et au troisième un coefficient intermédiaire; et, si l'on désigne par $\mathfrak{L}_1, \mathfrak{L}_2, \ldots, \mathfrak{L}_u$ les coefficients de self-induction afférents à chaque couche, on a pour les trois cas

$$\mathfrak{L}_{\text{I}} = \mathfrak{L}_1 + \mathfrak{L}_2 + \mathfrak{L}_3 + \ldots + \mathfrak{L}_u,$$

$$\mathfrak{L}_{\text{II}} = \frac{1}{\frac{1}{\mathfrak{L}_1} + \frac{1}{\mathfrak{L}_2} + \ldots + \frac{1}{\mathfrak{L}_u}},$$

$$\mathfrak{L}_{\text{III}} = \frac{1}{\frac{1}{\mathfrak{L}_1} + \frac{1}{\mathfrak{L}_2}} + \frac{1}{\frac{1}{\mathfrak{L}_3} + \frac{1}{\mathfrak{L}_4}} + \ldots$$

et pour les résistances des relations identiques

$$r_{\text{I}} = r_1 + r_2 + \ldots + r_u,$$

$$r_{\text{II}} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} + \ldots,$$

$$r_{\text{III}} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} + \frac{1}{\frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} + \ldots.$$

La batterie fournit ainsi au primaire un courant donné par les relations

$$i_{\text{I}} = \sqrt{\left(\frac{\mathfrak{L}_{\text{I}}}{t}\right)^2 + r_{\text{I}}^2}, \qquad i_{\text{II}} = \sqrt{\left(\frac{\mathfrak{L}_{\text{II}}}{t}\right)^2 + r_{\text{II}}^2},$$

$$i_{\text{III}} = \sqrt{\left(\frac{\mathfrak{L}_{\text{III}}}{t}\right)^2 + r_{\text{III}}^2}$$

et les ampères-tours sont respectivement (en supposant que toutes les couches ont le même nombre de spires)

$$i_{\text{I}}\left(\frac{n}{u}\right)u = i_{\text{I}}n, \qquad i_{\text{I}}\frac{1}{u}\left(\frac{n}{u}\right)u = i_{\text{I}}\left(\frac{n}{u}\right),$$

$$i_{\text{III}}\frac{1}{2}\frac{n}{4}2\,2 = i_{\text{III}}\frac{n}{2}.$$

Ces divers couplages s'appliquent plus spécialement aux bobines excitées par un interrupteur Wehnelt. Pour celui-ci, comme nous le verrons plus loin, la fréquence f des ruptures satisfait à la relation

$$f = \frac{1}{\mathfrak{T}} = \frac{1}{\frac{k_1}{i} + t_1}.$$

Si i est petit, f est aussi petit. En diminuant le fil de platine, t_1 devient plus petit, mais f augmente. La discussion de cette formule montre que, pour un interrupteur donné et pour les trois couplages, l'intensité oscille entre un minimum et un maximum et la longueur d'étincelle entre 60^{cm} et 8^{cm}.

Relation entre le nombre des interruptions et la puissance de la bobine. — L'emploi d'un interrupteur trop rapide conduit, pour une bobine donnée et une tension constante de la source primaire, à une importante diminution de la distance explosive et de la puissance du secondaire. L'auteur montre la corrélation existant entre la longueur d'étincelle et la fréquence des ruptures à l'aide d'un exemple numérique.

Il en résulte qu'une variation dans la durée de fermeture de $\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{80}$ de seconde fait baisser la distance explosive de 35^{cm} à 7^{cm}. On pourrait de nouveau accroître cette dernière en diminuant la capacité du condensateur; avec les vibrateurs très rapides, il n'est même plus nécessaire d'adjoindre un condensateur à la bobine.

Tension et durée de l'extra-courant d'ouverture. — Les calculs précédents supposent implicitement la connaissance de l'une des grandeurs e_s ou T. Voyons, par exemple, comment on pourra déduire T des données du problème. On a d'abord $eit = e_s i_s T$ et comme $i = i_s$, $et = e_s T$. Soit d'autre part A_E l'énergie emmagasinée, on a

$$A_E = \frac{\mathfrak{L} i^2}{2} = \frac{e_s^2 C}{2};$$

d'où

$$e_s^2 = \frac{\mathfrak{L}}{C} i^2.$$

En remplaçant e_s par sa valeur $\frac{et}{T}$, on a

$$T = \frac{et}{i}\sqrt{\frac{C}{\mathfrak{L}}}.$$

La durée t de fermeture dépend de l'interrupteur employé. Nous allons donc passer en revue ceux de ces appareils d'un usage courant sans description, simplement pour donner un aperçu de la période $\mathfrak{T}$ de chacun.

Dispositifs interrupteurs les plus employés. — 1° Interrupteur à marteau de Neef à grain de platine. La fréquence des ruptures est de 15 à 20 par seconde; chaque interruption correspond donc à un temps $\mathfrak{T}$ compris entre $\frac{1}{15}$ et $\frac{1}{20}$ de seconde. Suivant la puissance de la bobine, on pourra prendre t jusqu'à la moitié de $\mathfrak{T}$, soit entre $\frac{1}{2.15}$ et $\frac{1}{2.20}$.

2° L'interrupteur Deprez donne de 45 à 50 interruptions par seconde; il s'adapte aux bobines de 10^cm d'étincelle au plus; pour de plus hautes tensions, on a recours à des types spéciaux qui sont :

3° Les interrupteurs à mercure dérivés de l'appareil de Foucault dont la période est à peu près identique à celle de l'interrupteur à marteau. La durée de la fermeture peut se régler dans de larges limites. Dans certains modèles, la rupture se fait au moyen d'une tige reliée à un excentrique qui est entraîné par un moteur. La fréquence des interruptions est d'ordinaire 25 par seconde.

4° Dans l'interrupteur-turbine de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, si l'on représente par b la largeur d'une dent, n le nombre de tours par seconde de l'arbre et r le rayon du jet, la durée t de fermeture est

$$t = \frac{b}{2\pi r n}.$$

Si l'anneau a z dents et qu'on veuille avoir f ruptures par seconde, il faudra que l'axe fasse un nombre de tours n donné par la relation $nz = f$ ou $n = \frac{f}{z}$. En remplaçant dans la valeur de t ci-dessus, il vient

$$t = \frac{bz}{2\pi r f} = \frac{\text{constante}}{f}.$$

f varie entre 10 et 1500.

5° Avec l'interrupteur électrolytique de Wehnelt la détermination de t est bien difficile; les interruptions dépassent plusieurs milliers à la seconde, ce qui dispense de l'emploi d'un condensateur. Soient t_1 la durée de la fermeture, t_2 la durée de la rupture, la durée d'une interruption est $\mathfrak{T} = t_1 + t_2$, et la fréquence

$$f = \frac{1}{\mathfrak{T}} = \frac{1}{t_1 + t_2}.$$

t_2 dépend d'une constante k_1 et est inversement proportionnel à i; on peut alors écrire

$$f = \frac{1}{t_1 + \frac{k_1}{i}}.$$

Ces renseignements sont trop vagues pour pouvoir en tirer parti.

Données diverses. — Dans le quatrième et dernier Chapitre, l'auteur s'étend sur quelques détails relatifs à la construction des bobines; on les retrouvera dans l'excellent Traité de M. Armagnat [1]. Nous nous bornerons aux données numériques qui sont, en général, plus difficiles à retrouver.

Nous indiquerons, par exemple, la rigidité diélectrique des substances isolantes les plus connues, en kilovolts par centimètre :

	Kilovolts centimètres.
Essence de térébenthine	90
Huile de paraffine	87
Paraffine fondue	60
Paraffine solide	135
Papier paraffiné	360
Air	42

Pendant l'enroulement, on tire le fil à travers un bain de paraffine, afin d'obtenir l'isolement le plus parfait possible des spires entre elles. Le diamètre intérieur du secondaire est toujours un peu supérieur au diamètre extérieur du tube d'ébonite qui enveloppe le primaire. Les dimensions généralement adoptées sont les suivantes :

Distance explosive en centimètres.	Augmentation à donner au diamètre intérieur du secondaire par rapport au tube d'ébonite du primaire en centimètres.	Hauteur d'enroulement de la bobine secondaire en centimètres.
5-10	0,4	1,5
12	0,5	2
15	0,6	2,5
25	0,7	3 à 3,5
35	0,8	4 à 5
50	0,9	6 à 7

Enfin l'auteur a relevé sur un certain nombre de bobines les constantes suivantes relatives au condensateur :

Distance explosive en centimètres.	Nombre de feuilles.	Dimensions des feuilles d'étain $\alpha \times \beta$ cm.
5	60	15 × 10
10	65	17 × 10
15	70	22 × 10
20	75	22 × 11
25	80	25 × 13
30	90	25 × 17
35	100	27 × 20
50	150	32 × 23

Comme on l'a fait remarquer au cours de cet article, il est avantageux de subdiviser le condensateur, ce qui permet d'adapter à la bobine divers interrupteurs. L'auteur se propose de publier plus tard les résultats de mesures effectuées sur des bobines calculées d'après la méthode ci-dessus en même temps que des renseignements sur des bobines à circuit magnétique fermé.

B. K.

ACCUMULATEURS.

Mode de préparation du bois destiné à être employé dans des appareils électrochimiques. Q. MARINO et E.-W. BARTON, WRIGHT (Brevet français 370457 du 13 octobre 1906). — Le traitement que l'on

[1] *La Bobine d'induction*, Gauthier-Villars, Paris.



fait subir au bois pour le rendre poreux et inattaquable consiste à lui enlever d'abord les matières épianglotiques qui recouvrent la cellulose, puis la cellulose elle-même, dans le but d'obtenir le squelette ligneux du bois comprenant d'innombrables cavités.

Le bois, en forme de plaques, tubes, etc., est soumis à l'action d'un liquide cupro-ammoniacal, puis plongé dans une solution d'ammoniaque. Après lavage à l'eau on le plonge dans l'acide nitrique; enfin on le soumet à l'action de l'acide sulfureux et d'une solution composée d'alcool, d'acétate d'éthyle et de potasse. Un dernier traitement par une solution d'ammoniaque rend le bois neutre.

Ainsi préparé, le bois convient aux applications électrochimiques et notamment aux accumulateurs.

Perfectionnements aux accumulateurs électriques. E.-W. BARTON, WRIGHT et Q. MARINO (Brevet français **373251** du 28 décembre 1906). — Les plaques positives et négatives de l'élément sont disposées horizontalement et alternativement les unes au-dessus des autres. On les sépare par des planchettes de bois préparées comme il est indiqué dans le brevet précédent (brevet français 370457).

Matière agglutinante pour rendre plus solide la matière active dans les accumulateurs électriques. E.-W. BARTON, WRIGHT et Q. MARINO (Brevet français **373044** du 28 décembre 1906). — Cette matière est formée par un mélange d'une partie d'huile de ricin à laquelle on ajoute 5 à 6 pour 100 de son poids de litharge finement broyée et 3 à 4 pour 100 de peroxyde de manganèse. On fait bouillir, on sépare par décantation la poudre de l'huile. Pour dissoudre l'huile restée adhérente à la poudre on traite par le benzol ou l'alcool. La pâte est obtenue à l'aide de cette poudre, à laquelle on ajoute environ 90 pour 100 en plus de litharge et de l'acide sulfurique dilué.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines génératrices : ALBION MOTOR CAR C°. BP. 14737, 1906 (magnéto). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 187693, 16 sept. 1907 (machines à courant continu); 187909 et 187939, 27 juil. 1906 et 1er juil. 1905 (alternateurs); BP. 1662, 1907 (alternateurs). — CHAPMAN. BF. 376976, 27 mars 1907 (dispositif pour neutraliser l'électricité); DRP. 187910, 25 oct. 1906 (id.). — COFFMAN. USAP. 854717, 3 sept. 1905 (dynamo). — COLLINS. USAP. 859545, 27 déc. 1904 (dynamo). — CORMICK (MAC). USAP. 858097 (dynamo). — FULLER, FULLER et MOORE. BP. 17601, 1906 (magnétos). — FYNN. BP. 14501, 1906 (dynamo). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 13332 et 15135, 1906 (moteurs-générateurs et alternateurs). — HUBERT. USAP. 854421, 13 oct. 1906 (isolement pour induit). — JOHNSON LUNDELL ELECTRIC TRACTION C°. BF. 376389, 4 avril 1907 (perfectionnements dans les dynamos). — JOHNSON. BP. 8838, 1906 (dynamo). — KELLY. USAP. 854362, 15 avril 1903 (alternateur excité par courant alternatif). — KETCHUM. BP. 16729, 1906 (dynamo). — KING. USAP. 854425, 2 nov. 1906 (dynamo avec pôles de commutation). — LACY. BP. 18119, 1906 (dynamos et moteurs). — LEHMANN. DRP. 186593, 16 janvier 1906 (procédé pour supprimer les harmoniques dans les machines à courants alternatifs). — LEITNER. BP. 13782, 1906 (moteurs-générateurs). — LE PONTOIS. USAP. 855713, 11 déc. 1905 (alternateur auto-excitateur). — LINCOLN. BP. 13427, 1906 (dynamo). — MIX et BUNET. USAP. 859318, 20 nov. 1906 (dynamo avec pôles de commutation). — MERSHON. USAP. 853465, 28 mai 1906 (génératrice et moteur d'induction); 854831, 31 oct. 1904 (alternateur); 857953, 5 juil. 1904 (alternateur à nombre de pôles variable). — NŒGGERATH. USAP. 856756, 30 mars 1904 (dynamo homopolaire). — PARSONS. DRP. 187724, 12 avril 1904 (dynamo à courant continu). — POHL. DRP. 186621, 7 mars 1906 (machine électrique). — RICHARDS. USAP. 854701, 27 août 1906 (dynamo avec pôles de commutation). — SLAUGHTER. USAP. 858632, 3 mai 1903 (dynamo à excitation variable avec la charge). — STANLEY. USAP. 859143, 20 janv. 1904 (génération et distribution d'énergie électrique par dynamo excitée par du courant de basse fréquence). — STEINMETZ. USAP. 855484 et 855485, 7 août 1905 (dynamo à courant constant). — TINGLEY. BF. 376296, 30 mars 1907 (perfectionnements dans les machines dynamos). — THOMSON. USAP. 859350, 28 sept. 1905 (génératrice unipolaire). — UNDERWOOD. USAP. 854782, 24 oct. 1906 (dynamo). — WATERS. USAP. 853285, 5 sept. 1905 (mode de fixation des pièces polaires). — WEBSTER. BF. 376457, 15 mars 1907 (machine magnéto-électrique). — WERNER. DRP. 186784, 29 juin 1906 (machine à induction). — WIARD. USAP. 854784, 10 août 1906 (dynamo). — WRIGHT. USAP. 858246, 30 nov. 1906 (dynamo). — *Accessoires divers :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 186783, 28 janv. 1906 (armature pour génératrices à collecteurs, avec résistances intercalées entre le collecteur et l'induit). — BROOKS et AKERS. BF. 376651, 27 fév. 1907 (procédé pour le réglage des machines à courant alternatif). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. DRP. 187081, 6 juin 1905 (piédestal pour machines électriques); 187399, 13 déc. 1906 (montage pour enroulements inducteurs fonctionnant alternativement). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 14708, 1906 (collecteurs de courant). — JOHNSON-LUNDELL ELECTRIC C°. BP. 22617, 1906 (porte-balais). — LAMME. USAP. 854897, 20 sept. 1906 (induit dont les encoches sont plus ouvertes au sommet qu'au fond). — SIEMENS BROS. BP. 7695, 1907 (enroulement pour dynamos). — SIEMENS SCHUCKERT-WERKE. DRP. 187364, 9 août 1904 (dispositif de sûreté pour dynamos accouplées à un volant); 187725, 1er avril 1906 (dispositif pour fretter les induits de dynamos); 187908, 22 fév. 1906 (collecteur). — SPLITDORF. USAP. 854438, 1er nov. 1906 (induit pour magnéto). — TINGLEN. DRP. 187634, 31 déc. 1905 (noyaux d'inducteurs formés de tôles rivées). — UNDERWOOD. USAP. 854781, 9 août 1905 (collecteur).

[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

LES PLOMBS FUSIBLES [1].

Lames. — Quand l'intensité du courant dépasse une centaine d'ampères, l'emploi des fils fusibles devient difficile; on est obligé d'utiliser des fils trop gros, et nous retombons dans le cas cité précédemment, à savoir que notre section aux contacts n'est plus totalement utilisée, et que ceux-ci chauffent, occasionnant des erreurs dans les intensités de fusion. C'est alors que l'on a recours aux lames.

Les métaux employés sont toujours : l'alliage plomb-étain (60 Pb + 40 Sn), l'aluminium, l'argent et le cuivre. Les propriétés signalées pour les fils subsistent pour les lames.

DÉTERMINATION DE LA SECTION DE FUSION. — Nous ne pouvons plus nous servir de la formule de Preece

$$I = ad^{\frac{3}{2}},$$

pour prédéterminer notre section de fusion du métal; les dimensions géométriques ne sont plus les mêmes, et la dissipation de chaleur par rayonnement ne se fait plus de la même façon. Ici la longueur intervient beaucoup plus que la largeur et l'épaisseur.

Nous pourrons partir d'une densité de courant donnée pour un certain régime de fusion et pour une longueur déterminée. Là encore on devra établir des courbes identiques à celles que nous avons tracées

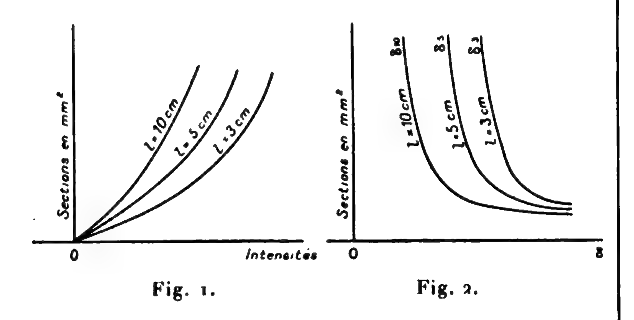


Fig. 1. Fig. 2.

pour les fils (*fig.* 1). Si nous convenons d'appeler δ_3, δ_5, δ_{10} les courbes des densités pour des longueurs 3cm, 5cm et 10cm (*fig.* 2), on pourra par une simple interpolation en déduire les densités pour les longueurs intermédiaires. Pour l'alliage plomb-étain on n'aura qu'à se reporter au Tableau suivant :

LONGUEUR 3cm.			LONGUEUR 5cm.			LONGUEUR 10cm.		
Intensités de fusion.	Sections en mm².	δ_3.	Intensités de fusion.	Sections en mm².	δ_5.	Intensités de fusion.	Sections en mm².	δ_{10}.
A 550	75	A 6,67	A 450	75	A 6	A 370	75	A 4,94
470	55	8,55	375	55	6,82	295	55	5,37
375	40	9,37	300	40	7,5	225	40	5,63
310	30	10,3	240	30	8	175	30	5,84
235	20	11,75	175	20	8,75	120	20	6
135	10	13,5	100	10	10	70	10	7

Nous voyons donc que pour deux longueurs différentes 10cm et 3cm, et pour une même section de 10mm², notre densité de courant par millimètre carré passe de 7 à 13,5 ampères pour des fusions correspondantes de 70 et 135 ampères.

Pour le cuivre, la densité est bien plus forte et oscille entre les chiffres suivants :

De 950 à 1270 ampères pour des sections allant de 15mm² à 45mm² avec 3cm de longueur de fusible; entre 420 et 660 ampères pour des sections de 30mm² à 90mm² et pour 7cm de longueur.

Ceci s'explique facilement, attendu que le cuivre est bien plus conducteur que l'alliage plomb-étain.

CONSTRUCTION DES LAMES. — Les fusibles employés couramment sont de plusieurs sortes : on peut placer les lames directement dans le circuit à protéger, en ménageant à leurs extrémités des entailles destinées à être serrées sous les écrous, ou leur adjoindre des attaches dans lesquelles on vient les souder (*fig.* 3, *a* et *b*). Cette dernière façon de procéder est plus rationnelle que la première, car on risque moins d'écraser le métal, de faire varier ses dimensions, c'est-à-dire de changer son point de fusion, à moins, toutefois, que le métal ne soit d'une dureté suffisante.

On a souvent intérêt à avoir un même type de fusibles pour plusieurs intensités; dans ce cas on détermine la largeur, longueur et épaisseur maxima, et, pour les courants plus faibles, on réduit la section de fusion en pratiquant des ouvertures ou fenêtres dans les lames (*fig.* 4). Ceci permet aussi au métal de se refroidir plus facilement.

[1] *Voir* le début, numéro du 30 juillet 1907, t. VIII, p. 39.



La figure 5 se rapporte aux lames en aluminium et cuivre.

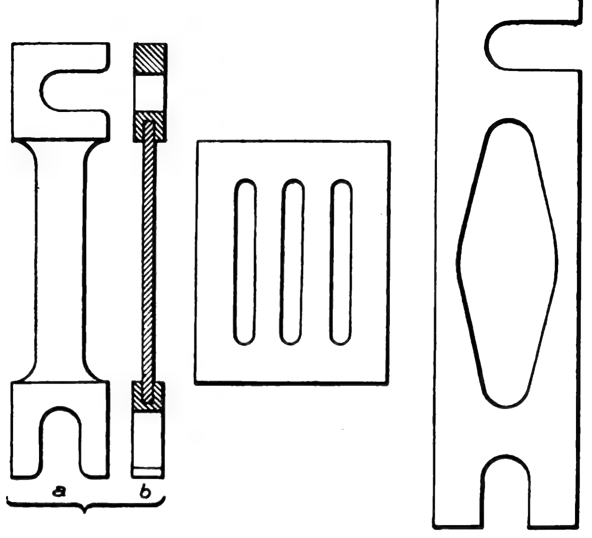


Fig. 3 à 5.

Fusibles pour hautes tensions. — La condition essentielle dans ces fusibles est d'avoir le minimum de longueur avec le maximum de tension pour que l'arc ne puisse rester amorcé. Différents systèmes ont été adoptés : le fil est enfermé dans un tube bien hermétique (verre, ébonite ou fibre) et de diamètre intérieur légèrement supérieur à celui du fil (*fig.* 6). On voit donc que, lors de la fusion, si le tube est bien construit, le faible volume d'air qui y est contenu étant porté à une forte pression, l'arc est étouffé instantanément. Ceci nécessite d'avoir plusieurs tubes sous la main.

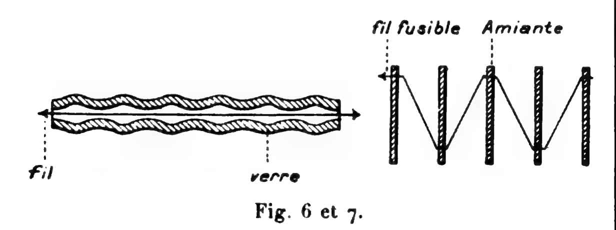


Fig. 6 et 7.

Quelques constructeurs préfèrent employer des fils à air libre; pour cela on les fait passer à travers une série de cloisons d'amiante, ou de fibre, tout en leur faisant décrire des zigzags (*fig.* 7). L'arc ne peut rester amorcé, mais on arrive alors à des dimensions d'encombrement trop grandes. Voici d'ailleurs quelques chiffres sur les longueurs employées en pratique : pour des tensions alternatives variant entre 3000 et 5000 volts et suivant les intensités de régime, on adopte une longueur moyenne de 30^{cm}. Mais, au delà, elle augmente avec le produit volts-ampères. Exemple : on emploiera une même longueur de 60^{cm} avec 10000 volts × 30 ampères qu'avec 5000 volts × 100 ampères.

Conclusion. — Dans les installations telles que stations centrales pour la lumière ou la traction, l'emploi des fils fusibles sur les circuits de feeders est à rejeter. On peut avoir, en effet, besoin de couper des charges instantanément ou au bout d'un certain laps de temps, par exemple lors d'un court-circuit franc, ou alors dans un démarrage de tracteur en rampe. Dans le premier cas il faut couper le courant instantanément, dans le second il faut laisser au moteur le temps de prendre son régime.

On a alors recours aux disjoncteurs simples ou à action différée au moyen d'appareils retardateurs. Ces appareils, très sensibles et facilement réglables à une fraction d'ampère près, ont été mis complètement au point par quelques grands constructeurs, et remplacent avantageusement les coupe-circuits fusibles. F.-H. Cinget.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Achard. USAP. 851165, 15 avril 1905. — Hewitt. BP. 3880, 1907. — Hubbard. USAP. 858720, 21 fév. 1903 (système de distribution par batterie). — Fessenden. BF. 376120, 25 mai 1907 (perfectionnements apportés à la transmission électrique). — Randall. USAP. 853374, 2 mai 1906. — Russel et Berry. BP. 23246, 1906 (courant diphasé). — Schallier. BF. 377739, 13 mai 1907 (système d'exploitation des installations électriques). — Storer. USAP. 856430, 23 nov. 1904. — Siemens-Schuckertwerke. BF. 377582, 8 mai 1907 (système de montage pour plusieurs consommateurs de courant). — Thomson-Houston ((Ateliers). BF. 376558, 9 avril 1907 (perfectionnements aux systèmes de distribution). — Thomson-Houston (British). BP. 13414, 1906. — Woodbridge. USAP. 854862, 29 août 1906 (système de distribution par courants polyphasés). — Zani. BP. 12340, 1906.

Canalisations : *Conducteurs et conduites :* Alexander. USAP. 858846, 22 mars 1906 (conduite rectangulaire pour fils domestiques). — Bergmann Elektricitäts-Werke. BF. 377883, 17 mai 1907 (tube isolant pourvu d'un manteau métallique agrafé et émaillé pour canalisations électriques). — Bostrom. BP. 16425, 1906 (pose des conducteurs). — Brown. USAP. 854562, 8 oct. 1904 (conducteur ou câble). — Eveleth. USAP. 861100, 28 juill. 1905 (conducteur) — General Electric C°. BP. 18487, 1906 (conducteurs). — Goodman et Ackland. BF. 376604, 11 avril 1907 (conduits). — Hollandsche Maatschappij Tot Hetmaken. BF. 375617, 12 mars 1907 (procédé pour recouvrir les câbles électriques). — Klein. USAP. 854094, 22 sept. 1906 (conducteur). — Krantz. USAP. 856166, 22 sept. 1905 (conduite). — Land und Seekabelwerke Akt. Ges. BF. 376110, 25 mars 1907 (câble de sûreté). — Molle et Debedts. BF. 377261, 29 avril 1907 (système de gaines pour le placement des fils électriques). — Pindtershofen (von). BP. 19861, 1906 (câble). — Sibley et Lutz. DRP. 187967, 6 mai 1906 (conduites électriques). — Vostrom. DRP. 187968, 21 juill. 1906 (dispositif pour poser les câbles). — Wolcott. USAP. 856012 (méthode d'essai des câbles qui sont passés entre deux tiges à haut potentiel). — *Supports, attaches, isolants :* Adt (Société anonyme des Établissements). BF. 377210, 26 avril 1907 (tubes isolants). — Boltshauser. BP. 29176, 1906 (isolateurs pour conducteurs). — Bowers. USAP. 856512 (crampon). — Cla ke. BP.

1362, 1907 (isolateurs). — Dawkins. USAP. 855389, 19 fév. 1906 (attache électrique pour objets mobiles). — Downes. USAP. 861097 (appareil pour appliquer l'isolant sur les conducteurs). — Estler et Drake. BP. 15587, 1906 (isolateurs). — Haefely. USAP. 858385, 26 sept. 1904 (fabrication de tubes isolés). — Hemptinne (de). BF. 376111, 25 mars 1907 (attache électrique). — Kleinsteuber. BF. 376742, 13 avril 1907 (isolateur). — Kasler. BF. 377961, 18 mai 1907 (poteaux en pierre artificielle pour lignes électriques aériennes). — Lee. USAP. 855253 (cheville isolée). — Limon (de). USAP. 861095 (tube isolant). — Locke. BF. 377594, 8 mai 1907 (isolateurs). — Mulmann et Forkel. BF. 377498, 4 mai 1907 (pinces pour tubes isolateurs). — Peirce. USAP. 856801, 29 janvier 1906 (isolateur monté sur un bras métallique). — Porzellanfabrick Kahla, filiale Hemsdorf. BF. 377625, 10 mai 1907 (isolateur pour lignes électriques). — Sinclair. USAP. 855208, 19 fév. 1907 (isolateur). — Sonnenthal (von). BP. 522, 1906 (dispositif pour fixer les conducteurs sur les isolateurs). — Stauffer. USAP. 854315, 24 juill. 1905 (isolateur à fente). — Steinberger. USAP. 853743, 853744 et 853745, 28 et 29 mars et 10 déc. 1906 (isolateur); 855355, 12 sept. 1906 (isolateur à haut potentiel); 855261, 9 oct. 1905; 859703, 1er mai 1906; 861063 et 861064, 4 juin 1906; 861071, 2 mai 1906 (isolateurs divers). — *Connexions, joints :* Benjamin. USAP. 854978, 19 sept. 1906 (connexions pour conducteurs électriques). — Hirst et Gunner. BP. 19690, 1906 (joints entre câbles). — Horan. USAP. 860665, 21 mai 1906 (connecteur de fil). — Lafond. BF. 375588, 11 mars 1907 (barre de connexion). — Lundlberg. BP. 21391, 1906 (connexions). — Tregoning. USAP. 861238, 9 janv. 1907 (fiche de connexion). — Wappler. USAP. 856321, 21 juin 1906 (joint flexible).

Prises de courant. *Bornes et boîtes de jonction :* Bonnafant. BF. 377776, 13 mai 1907 (distributeur de courants électriques). — Bossert. USAP. 854020, 19 fév. 1906; 858699 et 858700, 10 fév. et 25 avril 1906 (boîte de distribution). — Bradshaw. USAP. 853219, 28 avril 1906 (boîte de distribution). — Clark. BF. 376984, 5 avril 1907 (serre-fil). — Flory. USAP. 860861, 28 août 1906 (boîte de distribution pour câbles). — Hanson. USAP. 847939, 16 juillet 1906 (socle avec clef). — Hills. USAP. 858288, 10 oct. 1905 (boîte de distribution). — Hoffmann. USAP 848994, 8 nov. 1906 (boîte de jonction). — Mayer. USAP. 854369, 12 déc. 1906 (récepteur et fixe pour connexions). — Parsons. USAP. 845947, 12 nov. 1906 (boîte de distribution). — Pinet. BF. 377236, 27 avril 1907 (appareil distributeur de courants électriques). — Procunier. USAP. 848047, 6 fév. 1905 (boîte de jonction et de distribution). — Rochling'che Eisen und Stahlwerke G. m. b. H. et Schœnawa. BF. 377668, 30 avril 1907 (disque polaire pour électrodes). — Sandell. USAP. 859524, 21 janv. 1907 (balais pour contact). — Smith. USAP. 846701, 18 juillet 1906 (méthode de construction d'un socle à clef). Stratton et Claremont. BP. 1141, 1907 (boîte pour câbles).

Interrupteurs : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 186592, 4 août 1906 (admission ou suppression alternative de courant dans les circuits électriques). — Brook et Hirst. BP. 13517, 1906. — Erickson. USAP. 854205, 29 janv. 1907 (bouton-poussoir). — Gaiffe. BF. 376328, 3 avril 1907 (interrupteur à mercure). — Grivolas. BF. 376762, 13 avril 1907. — Harrison. BF. 378067, 23 mai 1907 (interrupteur électrique à base de liquide métallique). — Nalders Bros et Thompson Ldt. BP. 5865, 1906. — Poliakof (de). BF. 378104, 23 mai 1907. — Schappi. BF. 376003, 5 fév 1907 (conjoncteur et disjoncteur de courant). — Sevos. BF. 377466, 30 avril 1907. — Statter BP. 14577, 1906. — Wœrhle. BP. 2215, 1907.

Interrupteurs et conjoncteurs : Bachelet. USAP. 847877, 9 janvier 1906 (interrupteur à action variable). — Broc. USAP. 848720, 3 sept. 1906 (interrupteur automatique, spécialement pour allumeurs). — Cervera-Canizares. DRP. 185526, 22 juin 1905. — Felten et Guilleaume Lamheyerwerke. DRP. 184699, 2 juin 1906 (conjoncteur à échelons). — Merriam. USAP. 848915, 15 fév. 1905 (bobine à enroulement différentiel pour interrupteurs). — Small. USAP. 846960, 26 janvier 1906 (vis servant à fermer les contacts successifs d'un conjoncteur). — Usher. USAP. 847851, 19 sept. 1905 (interrupteur rotatif à mercure). — Willard. USAP. 847299, 2 oct. 1905 (dispositif électromagnétique pour la fermeture et l'ouverture d'un circuit). — Woehrle. USAP. 848148, 16 juin 1906 (interrupteur et vibreur pour bobines d'induction).

Commutateurs : Berry, DRP. 185607, 20 mars 1906. — Buskirk. USAP. 848940, 13 sept. 1906 (appareil de commande pour commutateurs). — Eustice. USAP. 847925. — Frings. DRP. 185202, 12 juin 1906. — Grindrod. USAP. 847284, 10 août 1906. — Hart. USAP. 848028, 25 juin 1906 (commutateur à ressort). — Kitsee. USAP. 847007, 19 mars 1904. — Kœschk. USAP. 846673, 26 déc. 1905. — Liden. USAP. 847087, 23 nov. 1905 (commutateur à rochet). — Manson. USAP. 846120, 31 mars 1904. — Newell. USAP. 846340, 4 avril 1902 (commutateur à commande électromagnétique). — Sawyer. USAP. 846625, 11 juillet 1904. — Siemens-Schuckert. DRP. 185608, 18 mai 1906 (commande d'un commutateur principal au moyen d'un moteur et d'un commutateur à actions successives. — Webster. USAP. 849443, 3 janv. 1905 (commutateur électromagnétique).

Résistances et rhéostats : Chauvin et Arnoux. BF. 376570, 16 juin 1906 (dispositif de résistance). — Lundberg. BP. 21390, 1906. — Mackintosh. USAP. 854748, 11 juin 1906. — Marsh. USAP. 853891, 17 janv. 1907 (résistance en vanadium); 859608, 18 fév. 1907 (résistance en nickel, aluminium ou chrome). — Rousselle. BF. 376685, 25 mars 1907 (résistance variable liquide). — Volling. DRP. 188008, 22 mai 1904 (résistance électrique en carbure de silicium amorphe ou cristallisé). — Wöbber. DRP. 187906, 7 juin 1906.

Coupe-circuits et fusibles : Downes. USAP. 846404, 8 déc. 1903 (fusible). — Hellmund. USAP. 846469, 21 janvier 1904. — Meyer. DRP. 185494, 1er août 1906 (fusibles non interchangeables). — Painter. USAP. 846691, 13 nov. 1906 (fusible enfermé). — Parker. USAP. 849159, 14 mars 1906 (fusible). — Smythe. USAP. 847520, 22 avril 1905 (coupe-circuit). — Zwietusch et Cie. DRP. 185492, 3 fév. 1906 (pièce de jonction pour fusibles).

Régulateurs et Appareils de contrôle : Felten et Guilleaume Lahmeyerwerke. DRP. 185289, 30 mai 1905 (dispositif d'égalisation de charge pour réseaux triphasés). — Jackson. DRP. 185206, 1er mai 1906 (réglage de la tension dans les réseaux alternatifs au moyen de transformateurs variables). — Marshall. USAP. 846223, 10 janvier 1907 (dispositif pour maintenir constante la tension d'un réseau). — Springer. USAP. 846703, 17 sept. 1906 (système pour subvenir à la demande de courant). — Troy. USAP. 848936, 21 sept. 1904 (moyen pour augmenter le facteur de puissance d'une distribution à courant alternatif : le circuit comprenant un condensateur et une bobine de self-induction est mis en parallèle avec les récepteurs). — Turbayne. USAP. 849644, 28 avril 1905 (système auto-régulateur pour une distribution électrique).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

Le moteur monophasé à collecteur système Deri de la Compagnie Brown-Boveri (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 15 août 1907, p. 818 à 820). — Le moteur à répulsion ordinaire, représenté schématiquement par la figure 1, est constitué, comme on le sait, par un induit (rotor) muni d'un enroulement et d'un collecteur comme un induit ordinaire de machine à courant continu et dont les balais sont mis en court-circuit. Le stator porte un enroulement ordinaire monophasé dont l'axe fait un angle α avec l'axe des balais court-circuités.

Le fonctionnement du moteur s'explique de la façon suivante : l'enroulement du stator peut être considéré comme séparé en deux parties : la première, dont l'axe est dans la direction des balais et qui peut porter le nom d'*enroulement de compensation*, et l'autre, perpendiculaire à la première, peut être considérée comme enroulement d'excitation.

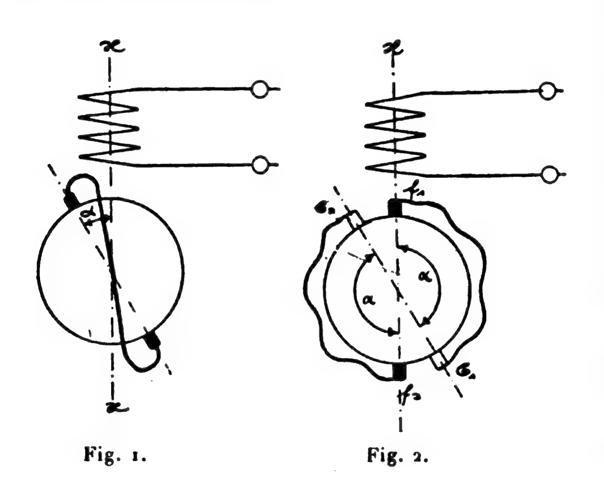


Fig. 1. Fig. 2.

Le premier enroulement forme avec l'induit un transformateur série; il s'ensuit que, aussitôt qu'un courant circule dans l'enroulement primaire, un courant proportionnel circule dans l'enroulement du rotor; la phase de ce courant est décalée de 180° sur celle du courant primaire. La tension aux bornes du circuit primaire de ce transformateur s'ajuste automatiquement et dépend des résistances ohmiques et inductives ; si, par exemple, ces résistances étaient nulles, la tension primaire serait nulle. Cette tension croît donc avec les résistances ohmiques et inductives du circuit complet du transformateur; au repos, elle est très faible; il n'en est plus de même aussitôt que l'induit est en mouvement, car alors l'induit se meut dans le champ créé par l'enroulement d'excitation, il se produit donc une force contre-électromotrice que doit surmonter le courant circulaire dans le système en court-circuit; la tension aux bornes primaires du transformateur doit donc croître en même temps que le nombre de tours de l'induit.

Le moteur à répulsion comporte ainsi deux champs : le champ de transformateur, dans l'axe de l'enroulement de compensation et de l'enroulement de l'induit, et le champ de travail perpendiculaire au premier, qui produit, en combinaison avec le courant induit, le couple du moteur. Au synchronisme, les deux champs sont égaux et décalés de 90°; il se produit donc un véritable champ tournant; dans ce cas, l'induit n'est le siège d'aucune force électromotrice mesurable de l'extérieur; la tension de court-circuit dans la bobine d'induit court-circuitée par le balai est également nulle. Pour les vitesses différentes du synchronisme, le champ tournant est d'autant moins régulier qu'on est plus loin de ce synchronisme, la tension sous les balais augmente également quand la vitesse diffère de celle correspondant au synchronisme.

Comme l'enroulement du stator forme, avec l'enroulement de l'induit, un transformateur complet, il est indispensable de répartir les deux enroulements de telle manière que la dispersion soit réduite le plus possible, et il serait mauvais, par exemple, d'employer un enroulement statorique non uniformément réparti et semblable à un enroulement de moteur asynchrone monophasé. Cette condition n'est pas seulement nécessaire pour diminuer la dispersion, mais encore pour diminuer la tension de réactance de la bobine en commutation, qui a sur le crachement des balais une influence au moins égale à celle pour les machines à courant continu.

Sous ce rapport, le moteur à répulsion ordinaire se présente dans des conditions assez défavorables; en effet, alors que l'enroulement du rotor est réparti sous tout l'arc polaire, l'enroulement de compensation en couvre seulement une partie, d'autant plus faible que les balais sont décalés davantage. La dispersion est ainsi d'autant plus grande et la commutation d'autant plus mauvaise que l'axe des balais est plus incliné par rapport à l'enroulement du stator.

Ces défauts sont évités avec le moteur système Deri, dont la figure 2 montre schématiquement la disposition. Le moteur possède deux paires de balais : les balais b_1, b_2 isolés électriquement l'un de l'autre sont montés sur un même porte-balais; les balais f_1, f_2 également isolés électriquement sont supportés par un second porte-balais. Les balais b_1, b_2 peuvent être décalés; les balais f_1, f_2 restent sur l'axe de l'enroulement du stator. Les balais b_1 et f_1 sont court-circuités par un câble flexible; il en est de même pour les balais b_2 et f_2.

Si, pour plus de simplicité, on suppose l'enroulement du stator régulièrement réparti sur toute la circonférence, les fils situés entre les balais f_1 et b_2 forment l'enroulement d'excitation; les autres, entre f_1 et b_1 et f_2 et b_2, forment l'enroulement de compensation. En ce

qui concerne l'enroulement de l'induit, les fils situés entre f_1 et b_1 et f_2 et b_2 sont les seuls fils actifs, les enroulements de compensation et d'induit sont donc semblables et la condition nécessaire pour obtenir une dispersion minima est remplie, et elle est remplie quelle que soit la position des balais.

L'utilisation de la matière est également aussi bonne que possible, car la partie utile des fils induits commence à l'endroit où cesse l'enroulement d'excitation ; ces fils sont donc placés de la façon la plus avantageuse par rapport au champ.

Si les balais b_1, f_2 et b_2, f_1 sont placés sur la même ligne, tous les fils du rotor forment l'enroulement de compensation ; tous les fils de l'induit sont actifs, mais l'enroulement d'excitation n'existe pas, le champ de travail est nul ainsi que le couple; le moteur forme ainsi un transformateur dont le secondaire est en court-circuit.

Si les balais b_1, f_2 et b_2, f_1 sont peu éloignés l'un de l'autre, le moteur travaille avec un nombre faible de spires inductrices, par conséquent à une grande vitesse, couple faible et bon facteur de puissance.

Si les balais sont décalés davantage, le champ augmente ainsi que le couple, le nombre de tours diminue ainsi que le facteur de puissance; en même temps, le nombre de fils actifs de l'induit diminue.

Si les balais sont décalés de 180°, tous les fils du stator font partie de l'enroulement d'excitation, le nombre de fils actifs de l'induit est nul ainsi que le couple, le moteur forme une bobine de self-induction. Les balais sont placés dans le milieu du champ; il ne se produit pas de courant dans les bobines court-circuitées par les balais, ce qui constitue un avantage sur le moteur à répulsion ordinaire.

On voit que le réglage du moteur peut s'effectuer très simplement par le décalage des balais; il est encore bon de remarquer qu'un décalage des balais b_1, b_2 d'un angle 2α correspond à une rotation de l'axe de l'induit égale à α, ce qui facilite le réglage exact.

A la position de repos, les balais b_2 et f_2 sont amenés au voisinage l'un de l'autre, de sorte que, à la mise en circuit, le courant pris à la ligne est très faible, car c'est seulement un courant magnétisant circulant dans un grand nombre de spires, le couple est nul à ce moment.

Si l'on décale les balais, le courant augmente ainsi que le couple, comme nous l'avons vu plus haut. Pour chaque moteur, il existe un angle où le couple normal est obtenu avec le courant minimum.

Le moteur possède les mêmes caractéristiques de fonctionnement que le moteur ordinaire à répulsion : le nombre de tours diminue quand la charge augmente; il croît dans le cas contraire; de même, il augmente de vitesse avec la tension si le couple reste constant. Comme dans le moteur à répulsion, les courants sous balais sont maxima à l'arrêt, diminuent avec la vitesse pour disparaître au synchronisme; au delà du synchronisme, ils se reproduisent de nouveau, mais leur direction est opposée. Au-dessous du synchronisme, ces courants améliorent le facteur de puissance; au delà du synchronisme, ils le diminuent.

La figure 3 représente un moteur de traction de

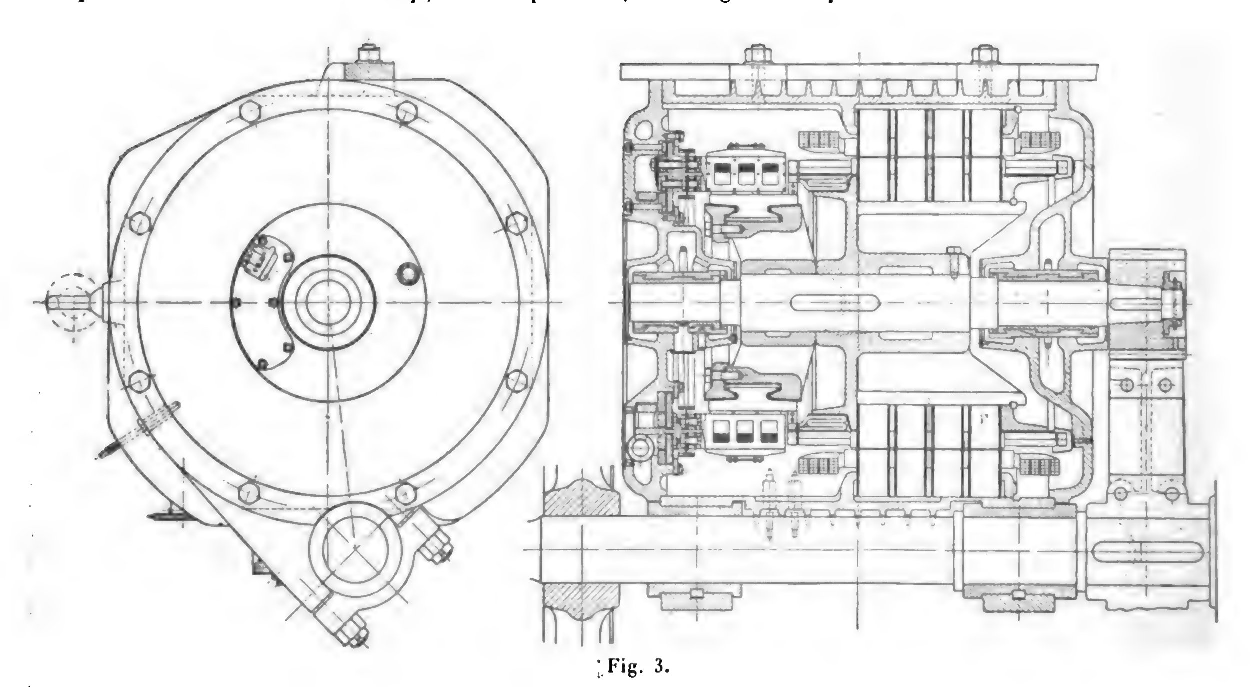


Fig. 3.

40 chevaux (pour 1 heure), 33 périodes, 500 tours par minute sous 800 volts. Le moteur est complètement fermé et muni d'ailettes de refroidissement. Le réglage est effectué par le décalage des balais; les deux cercles de porte-balais sont mobiles pour obtenir la marche dans les deux sens. La commande est faite par vis sans



fin et roue hélicoïdale visibles sur la figure. Le rotor possède un enroulement en série avec nombre de lames plus grand que le nombre de sections, mais sans résistances additionnelles entre l'enroulement et le collecteur.

Dans le cas de commande de grues, le moteur peut, si on le désire, servir à freiner à la descente de la charge en le faisant fonctionner en génératrice à courant continu série débitant sur des résistances.

E. B.

Le moteur série à courant alternatif de Siemens-Schuckert, par R. RICHTER (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 22 août 1907, p. 827 à 830). — L'auteur montre comment on peut remplacer les quatre enroulements du moteur décrit l'année dernière (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1906, p. 543), par un enroulement unique, le moteur est par conséquent beaucoup simplifié et la perte totale dans le cuivre est diminuée.

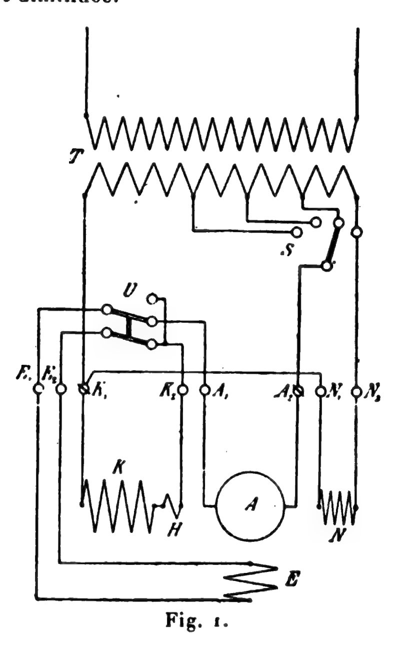


Fig. 1.

Le moteur construit en 1906 reposait sur les principes suivants :

1° Production, dans la zone de commutation, d'un champ auxiliaire constant ou réglable avec la charge pour annuler la force électromotrice statique dans les spires d'induit court-circuitées.

2° Production d'un deuxième champ auxiliaire dans la zone de commutation, proportionnel au courant principal pour annuler la tension de réactance.

3° Emploi d'un stator poinçonné régulièrement, l'enroulement de commutation prenant une dent, l'enroulement principal utilisant toutes les autres encoches.

4° Réunion de l'enroulement de compensation, de l'enroulement auxiliaire de commutation et de l'enroulement d'excitation en une seule série.

5° Disposition de résistances dans les encoches de l'induit, ces résistances étant utilisées pour augmenter le couple du moteur.

La figure 1 montre la disposition de ce type de moteur pour tourner dans les deux sens et alimenté au moyen d'un transformateur muni de prises spéciales pour le démarrage. L'enroulement de compensation K est en série avec l'enroulement H du pôle auxiliaire, avec l'enroulement d'excitation E et avec l'induit A ; l'enroulement auxiliaire N est en dérivation aux bornes du moteur. La figure 2 montre la disposition des enroulements sur un stator poinçonné régulièrement. On voit que les dimensions des encoches sont déterminées par l'encombrement des bobines des enroulements auxiliaires et que le cuivre de l'enroulement de compensation K utilise mal la place disponible. L'accouplement des différents enroulements est donné par la figure 3 pour un moteur à quatre pôles.

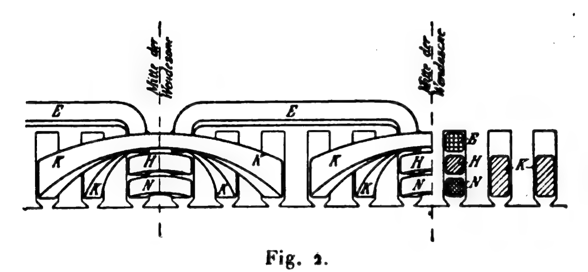


Fig. 2.

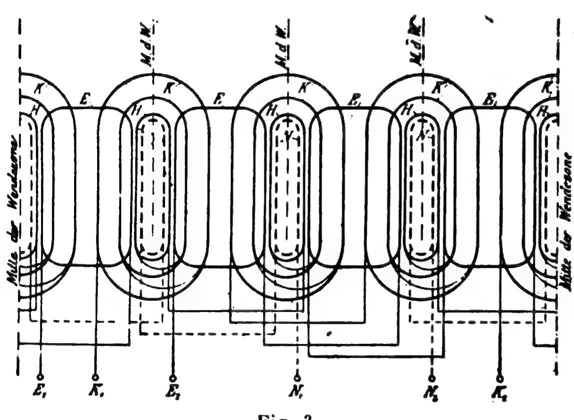


Fig. 3.

On voit que, d'un côté de la dent figurant le pôle auxiliaire, les courants circulant dans les enroulements E et H sont de même sens alors qu'ils sont opposés de l'autre côté de cette même dent; si le nombre d'ampères-fil des deux enroulements sont égaux, la force magnétisante est nulle d'un côté de la dent et il est possible de remplacer les deux enroulements par un seul enroulement couvrant tout l'arc polaire. Les lignes fortes de la figure 4 représentent cet enroulement (E_1), exécuté comme un enroulement série de moteur triphasé. Les barres supérieures sont figurées en traits pleins, les barres inférieures en traits pointillés ; dans les encoches, les deux barres se recouvrent.

Pour le sens de rotation inverse du moteur, la direc-

tion du courant dans l'enroulement d'excitation doit être changée, elle reste au contraire la même dans l'enroulement H. Il est nécessaire de prévoir un second enroulement satisfaisant à cette condition. Cet enroulement est figuré en traits fins sur le schéma de la figure 4.

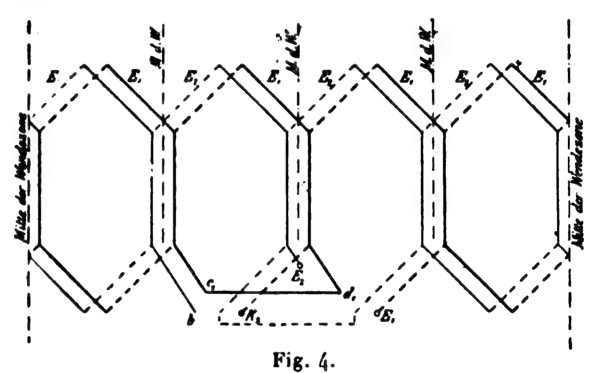


Fig. 4.

L'enroulement de compensation K est exécuté en forme de bobine (*fig.* 2), mais, eu égard à la dispersion, il serait plus avantageux de répartir cet enroulement de la même manière que celui de l'induit, comme

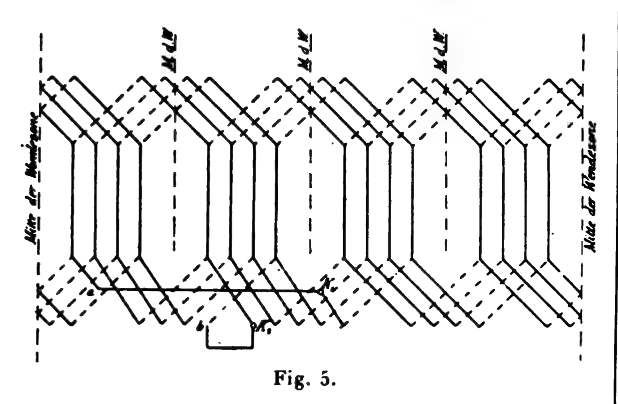


Fig. 5.

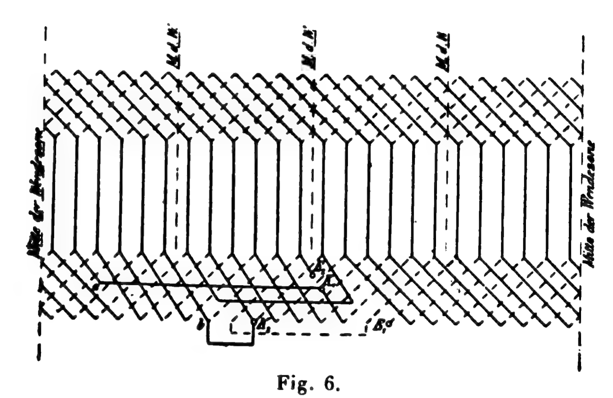


Fig. 6.

le montre la figure 5. Les deux enroulements sont figurés réunis dans la figure 6 et forment un enroulement régulier ouvert seulement en certains points.

Le courant pénètre en K_1 et circule dans les deux moitiés de l'enroulement de compensation, montées en parallèle et qui se réunissent aux points *b* et K_2; il circule ensuite, suivant le sens de rotation, soit dans l'enroulement E_1, soit dans l'enroulement E_2.

Les enroulements E, H et K de la figure 1 sont donc remplacés par un seul enroulement. Il est encore possible de supprimer l'enroulement N si l'on utilise l'enroulement de compensation *k* pour la production du champ nécessaire pour annuler la tension induite statiquement dans les spires en court-circuit en soumettant cet enroulement à une tension de grandeur et de phase convenables. Il est possible d'obtenir cette tension en se branchant en des points convenables du transformateur T comme le montre la figure 7 qui représente

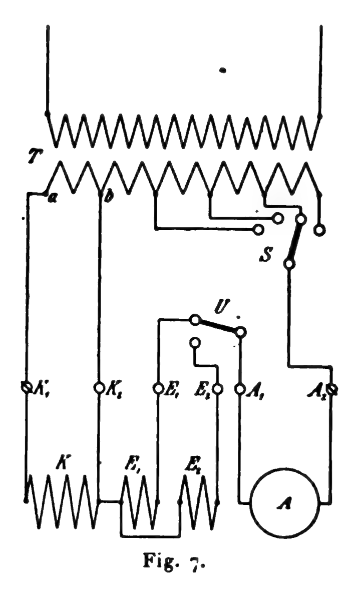


Fig. 7.

le schéma complet d'un moteur à changement de marche, avec transformateur de démarrage et de réglage. Pour le changement de marche, un seul commutateur unipolaire est nécessaire.

L'auteur donne en fin d'article quelques photographies de moteurs exécutés, entre autres diverses parties d'un moteur de traction de 175 chevaux à 700 tours 25 périodes, destiné à la ligne Blankenen-Ohlsdorf.

E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : ALLGEMEINE ELECTRICITÆTS GESELLSCHAFT. DRP. 185203, 26 nov. 1905 (moteur d'induction monophasé avec couplage automatique d'une phase auxiliaire du stator). — BERGUT. USAP. 373997, 4 avril 1906. — BERG. USAP. 847153, 19 déc. 1903 (moteur d'induction). — BRETCH. USAP. 848719, 17 nov. 1905 (moteur à cage d'écureuil). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. DRP. 184758, 3 fév. 1905 (alternomoteur à volant); 185290, 9 sept. 1905 (moteur polyphasé à collecteur). — MENDELSON. USAP. 846227, 25 janvier 1907. — *Démarrage et régulation* : ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. DRP. 184208, 13 sept. 1906 (démarreur à levier se déplaçant sur des plots

disposés en circonférence). — Bruncken. DRP. 185205, 1er mai 1906 (démarrage des moteurs d'induction). — Felten et Guilleaume. DRP. 184701, 9 déc. 1904 (dispositif permettant de faire démarrer les moteurs synchrones comme des moteurs asynchrones); 185204, 26 janv. 1906 (réglage des alternomoteurs à collecteur compensés); BF. 374108 (procédé d'augmentation du couple de démarrage des alterno-moteurs à collecteur). — Hermans. USAP. 847663, 17 nov. 1906 (réglage de la vitesse au moyen de deux rhéostats en parallèle). — Helwett. USAP. 849684, 1er mai 1901 (commutateur pour démarreur). — Kraft. DRP. 184090, 22 mars 1906 (régulation des moteurs). — Krupp, A.-G. BF. 373982, 26 janv. 1907 (démarreur automatique pour électromoteurs à courant continu). — Lincoln. USAP. 847088, 12 janv. 1906 (variation de la vitesse au moyen d'un système magnétique superposé au champ). — Lindall. USAP. 848182, 18 août 1905 (porte-balais pour moteurs). — Raworth. DRP. 184089, 4 janv. 1906 (coupleur pour électromoteurs). — Reist. USAP. 847111, 23 juin 1904 (rhéostat de démarrage). — Remerfelt. USAP. 845896[1] 8 juin 1905 (régulateur). — Schaefer. USAP. 846626, 20 fév. 1906 (régulateur). — Siemens-Schuckert, A.-G. DRP. 184972, 13 déc. 1904 (dispositif pour éviter la formation d'étincelles dans les moteurs alternatifs série ou shunt à pôles auxiliaires). — Stebbins. USAP. 849582, 9 nov. 1906 (régulateur). — Stone. USAP. 849753, 21 sept. 1903 (frein électrique de moteur). — Watson. USAP. 845831, 12 juillet 1906 (régulateur). — *Contrôleurs :* Brown. USAP. 848006, 19 avril 1906. — Everest. USAP. 847172, 22 juin 1906 (contrôleur pour moteurs monophasés). — Schiebeler. USAP. 848926, 4 sept. 1905. — Sundh. USAP. 848405, 12 juin 1905 (contrôleur pour appareil de levage).

Électro-aimants : Bachelet. USAP. 849653, 10 août 1904 (dispositif pour faire varier le nombre de spires d'un solénoïde). — Felten et Guilleaume. BP. 20719, 1906. — Jackson. USAP. 851663, 3 avril 1905 (noyaux pour électro-aimants). — Société industrielle des Téléphones. BF. 374894, 20 fév. 1907 (électro-aimant à longue course).

Machines et appareils : Aichele. BP. 25200, 1906 (commande électrique de tambours). — Austin. BF. 374846, 19 fév. 1907 (perfectionnements dans les appareils récepteurs électriques). — Bacon. BP. 9268, 1906 (régulateurs électromagnétiques). — Barr. USAP. 852537, 19 avril 1906 (régulateur de température pour outils chauffés électriquement). — Bennett. USAP. 850287, 18 avril 1906 (signal d'alarme contre l'effraction et l'incendie). — Blackmore. USAP. 851979, 19 sept. 1904 (séparateur électromagnétique). — Bliss. USAP. 851795, 17 août 1906 (relais pour block-système). — Bowne. USAP. 850618 (signal pour élévateur). — Brown. USAP. 852700, 25 juil. 1905 (dispositif automatique pour produire des mouvements intermittents). — Crane. USAP. 850349 (circuit contrôleur du poids des pièces de monnaie). — Currier. USAP. 850352 (circuit contrôleur du poids des pièces de monnaie). — Copeman. USAP. 852773, 21 mai 1906 (régulateur de chauffage électrothermostatique). — Cowper-Coles. BP. 1085, 1907 (séparateurs magnétiques). — Dempster. USAP. 850738 (valve commandée électriquement). — Dixon. BP. 10630, 1906 (régulateur pour appareil de levage). — Doherty. USAP. 850910, 4 août 1906 (poste d'alarme). — Dunoyer. BP. 4069, 1907 (boussole électromagnétique). — Etchells. BP. 22465, 1906 (régulateur pour ascenseurs). — Everett. USAP. 851506, 22 sept. 1904 (avertisseur d'incendie). — Fergusson. USAP. 850633, 7 nov. 1904 (dispositif protecteur pour récipients fragiles). — Fessenden. BF. 375404, 5 mars 1907 (amplification des effets de faible énergie). — Friedman. USAP. 852226, 17 mai 1906 (avertisseur d'effraction). — Gay. USAP. 851086, 29 juin 1906 (contrôleur pour porte d'ascenseur). — General Electric C°. BP. 10020 et 16984, 1906 (frein à air). — Grammont et Routin. BF. 374896, 21 fév. 1907 (servomoteur électrique). — Hemptinne (de). USAP. 852662, 17 mars 1906 (élimination de l'odeur des huiles de poisson en les soumettant aux décharges électriques). — Ingersoll Rand C°. USAP. 9594, 1906 (machines électropneumatiques). — Jackson. USAP. 852386, 18 déc. 1905 (dispositif automatique pour ramener un arbre tournant à une position déterminée). — Jones. USAP. 850937, 29 avril 1903 (régulateur pour ascenseur). — Klepfer. USAP. 848468, (enregistreur d'arrosage). — Knapp. USAP. 852724, 27 août 1906 (dispositif pour la commande électrique des portes, consistant en deux circuits l'un à potentiel constant, l'autre à potentiel variable). — Laurent. USAP. 851175, 18 mai 1905 (ascenseur). — Lertourne. BF. 374785, 11 fév. 1907 (récupérateur d'énergie électrique pour projecteurs). — Loch. USAP. 852279, 17 août 1906 (ouverture électrique des portes). — Lutz. USAP. 851682, 25 juin 1905 (ascenseur contrôlé électriquement). — Millan (Mac). USAP. 852193, 4 avril 1906 (appareil d'exercices physiques). — Murray (Mac). USAP. 850173, 20 nov. 1905 (telphérage électrique). — Naujoks. USAP. 851829, 16 avril 1906 (régulateur d'ascenseur). — Newton et Brush. BP. 18478, 1906 (joints mobiles pour turbines). — Odman. BP. 21146, 1906 (régulateur pour ascenseurs). — Reithoffer et Morawets. BP. 18829, 1906 (horloges actionnées par ondes électriques). — Riddell et Pinter. USAP. 852680 (marteau à mouvement alternatif). — Rizzo. BP. 9328, 1906 (loch). — Ruthenburg. BP. 24422, 1906 (séparateurs magnétiques). — Scribner. USAP. 850402, 31 mars 1906 (relais). — Siemens Bros et C°. BP. 2748, 1907 (accouplements électromagnétiques). — Smith. USAP. 850853, 8 déc. 1906 (avertisseur d'incendie); 850681 (indicateur de température ou avertisseur d'incendie dans lequel un circuit est fermé par la dilatation de l'air contenu dans un tube). — Steiger et Besançon. BP. 26086, 1906 (horloges électriques). — Steljes. BF. 374608, 13 fév. 1907 (appareil à commande électrique utilisable pour établir ou interrompre des circuits électriques). — Summers et Berry. USAP. 850691, 5 avril 1906 (indicateurs électriques). — Synnestvedt. USAP. 851633, 30 avril 1904 (mécanisme pour contrôle électrique). — Tourtel et Hatfield. BP. 8605, 1906 (horloge électrique). — Turner. BP. 15388, 1906 (appareil de manœuvre des aiguilles de chemins de fer). — Wait. USAP. 851046, 20 mars 1905 (séparateur magnétique). — Wuillot et Feron. BF. 374909, 21 fév. 1907 (autorégulateur électrochimique). — Zani. BP. 11462, 1906 (appareil de transmission).

Signaux : Abt. USAP. 846276, 26 mars 1906 (contrôle de signal électrique). — Bliss. USAP. 848958, 12 juillet 1906 (système sélectif de signaux); 848959, 19 sept. 1906 (block-signal à courant alternatif). — Bogel. USAP. 849343, 24 fév. 1902 (signaux). — Chouteau. USAP. 847905, 20 oct. 1906 (chaque locomotive porte deux signaux d'alarme, dont l'un est actionné par un fil parallèle à la voie). — Coleman. USAP. 846779, 12 oct. 1905 (contrôle électrique des signaux à commande pneumatique). — Crandall. USAP. 846185, 2 juin 1906 (block-système). — Monson. USAP. 848120, 27 nov. 1906 (appareil pour signaux sélectifs). — Nashville. USAP. 847105, 3 nov. 1906 (signal pour croisements de voies). — Perrin. USAP. 849919, 23 mars 1904 (transmission de signaux contrôlée par des pendules synchrones aux stations transmettrice et réceptrice). — Thomas. USAP. 846522, 3 août 1906 (cloche-signal); 849287, 3 août 1906. — Zorge. USAP. 845991, 28 fév. 1906 (signal d'alarme).



ÉCLAIRAGE.

GÉNÉRALITÉS.

Considérations générales sur les caractéristiques et étude particulière du phénomène d'hystérésis présenté par l'arc alternatif, par H.-TH. SIMON (*Physikalische Zeitschrift*, t. VI, p. 297 à 319. — Les phénomènes d'hystérésis, rapportés dans une analyse publiée dans le précédent numéro et relatifs à une lampe à incandescence alimentée par courant alternatif [1], avaient été observés déjà par le professeur Simon sur l'arc alternatif. Le travail de ce dernier savant comprend une étude complète sur les caractéristiques que nous nous proposons de résumer brièvement.

On appelle *caractéristique* d'un conducteur quelconque traversé par un courant i et soumis à une différence de potentiel e la courbe obtenue en portant les i en abscisses et les e en ordonnées : $e = f(i)$. La forme de la fonction f est en général inconnue; dans le cas le plus simple, elle est représentée par une droite passant par l'origine et répondant à l'équation $iw = e$, c'est-à-dire que l'on peut alors appliquer la loi d'Ohm. Telles sont les courbes I et II de la figure 1, qui représentent res-

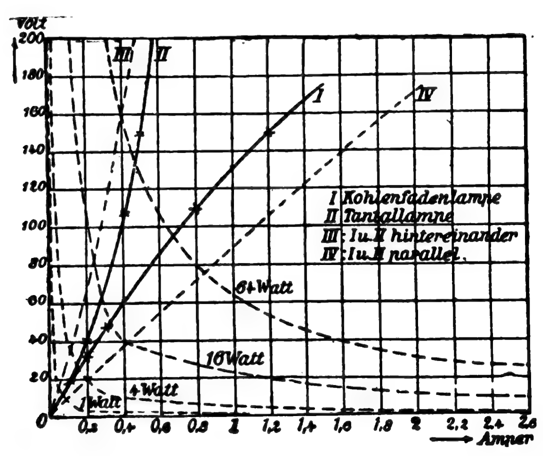


Fig. 1.

pectivement les caractéristiques de filaments de carbone et de tantale. Au début, elles se réduisent sensiblement à des droites passant par l'origine; dans cette région, la résistance définie par la relation $e = wi$ suffit pour donner une idée du régime du conducteur faisant partie intégrante d'un circuit. L'application de la loi d'Ohm suffira toutes les fois que $\frac{de}{di} = w = \text{const}$. Mais, en général, il vaudra mieux recourir à la courbe caractéristique, qui est seule susceptible de fournir une réponse simple aux questions les plus complexes. C'est par cette méthode que Kaufmann est parvenu à élucider les phénomènes de la décharge dans les gaz et que l'auteur a observé l'hystérésis de l'arc alternatif.

Lois fondamentales de l'étude des courbes caractéristiques. — L'ensemble de deux conducteurs en série ayant chacun sa caractéristique propre donne une caractéristique dont chaque point se déduit des caractéristiques individuelles par simple addition des ordonnées (e) correspondant à une même valeur de (i). Pour les conducteurs en parallèle, la caractéristique s'obtient par addition des abscisses (i) correspondant à une même ordonnée (e).

Les courbes III et IV de la figure 1 sont les courbes caractéristiques relevées sur les filaments de carbone et de tantale montés successivement en série et en parallèle. Le couplage en parallèle donne une caractéristique à peu près rectiligne, c'est-à-dire qu'il réalise une combinaison dont la résistance est indépendante de l'intensité du courant. On arriverait au même résultat par le montage en série à la condition de choisir des filaments de longueur appropriée.

Si maintenant on construit les courbes $ei = \text{const.}$, on obtient un réseau d'hyperboles qu'on peut appeler *courbes de puissance* ou hyperboles puissanciques et qui donnent, dans chaque cas, la consommation spécifique.

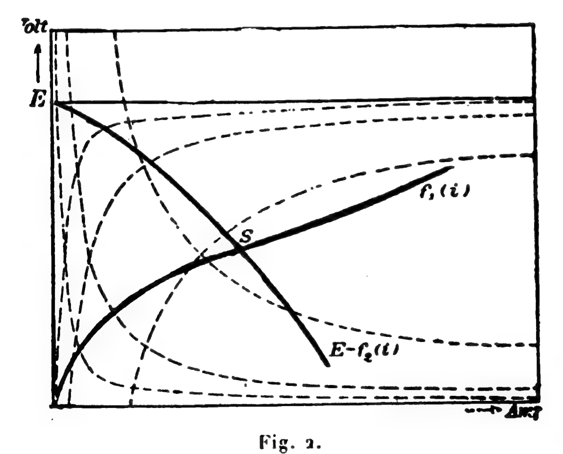


Fig. 2.

Considérons un conducteur quelconque de caractéristique $e_1 = f_1(i)$, inséré en série avec un autre conducteur de caractéristique $e_2 = f_2(i)$, dans un circuit comprenant une force électromotrice E; on obtient un régime stationnaire du courant défini par la condition $E - e_2 = e_1$, ou $E - f_2(i) = f_1(i)$. Ce courant est déterminé par le point d'intersection S des courbes

[1] J. SAHULKA, Mesure des valeurs instantanées de la résistance et de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence alimentées par courant alternatif (*La Revue électrique*, t. VIII, 30 août 1907, p. 120).

$E - f_2(i)$ et $f_1(i)$ (*fig.* 2). Si nous traçons maintenant le réseau des hyperboles puissanciques correspondant aux caractéristiques $f_1(i)$ et $f_2(i)$, les deux hyperboles qui se coupent en S donnent la part de la puissance totale consommée afférente à chaque segment. Dans le cas pratique où $f_2(i)$ est une ligne droite, ce qui revient à supposer que la seconde portion du circuit est une résistance de ballast qui reste constante au moins dans les limites de l'expérience, la fonction $E - f_2(i)$ est aussi représentée par une droite que nous appellerons *ligne de résistance* (*fig.* 3). Alors, si l'on connaît la caractéristique $f_1(i)$ du conducteur 1, on aura l'intensité du régime stationnaire dans un circuit de résistance w et de force électromotrice E, en menant par l'ordonnée E une droite telle que son coefficient angulaire tang α soit égal à w. L'influence des variations de E se traduit par les positions successives de S quand on déplace la ligne de résistance parallèlement à elle-même; d'autre part, l'influence des variations de w s'obtient en faisant tourner la ligne de résistance autour du point E (*fig.* 3).

Il se présente maintenant des cas où les points d'intersection S caractérisent un état d'équilibre instable du courant; nous nous proposons donc d'établir les conditions qui permettent de reconnaître si un point S définit un état d'équilibre stable ou instable.

Pour chaque régime stationnaire, on a

$$f_1(i) + f_2(i) = E, \tag{1}$$

c'est-à-dire que la force électromotrice est compensée par les différences de potentiel e_1 et e_2 dues à chaque conducteur. Toute variation de i ou, autrement dit, tout déplacement de S parallèlement à l'axe des abscisses qui rend le premier membre de l'égalité (1) plus grand ne peut avoir lieu sans l'intervention d'une tension complémentaire; en un mot, cette variation ne peut se produire d'elle-même; on a alors un état d'équilibre stable qui entraîne l'équation de condition

$$f_2 + f_1 + \frac{\partial f_2}{\partial i} + \frac{\partial f_1}{\partial i} > E,$$

et, comme $f_2 + f_1 = E$, on en tire les relations

$$\frac{\partial f_2}{\partial i} + \frac{\partial f_1}{\partial i} > 0, \quad \text{pour l'équilibre stable;}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial i} + \frac{\partial f_1}{\partial i} = 0, \quad \text{pour l'équilibre indifférent;}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial i} + \frac{\partial f_1}{\partial i} < 0, \quad \text{pour l'équilibre instable.}$$

Dans les diagrammes de $f_1(i)$ et $E - f_2(i)$, $\frac{\partial f_1}{\partial i}$ représente le coefficient angulaire de la tangente à f_1 au point considéré, comptée positivement dans le sens des i croissant; il est positif quand il faut faire tourner l'axe des i en sens inverse des aiguilles d'une montre pour l'amener en coïncidence avec la direction positive de la tangente; et, de même, $\frac{\partial f_2}{\partial i}$ représente le coefficient angulaire de la tangente à la courbe f_2, mais comptée positivement dans le sens des E croissant; il est positif quand il faut faire tourner l'axe des E dans le sens des aiguilles d'une montre pour l'amener à coïncider avec la direction positive de la tangente. Cette

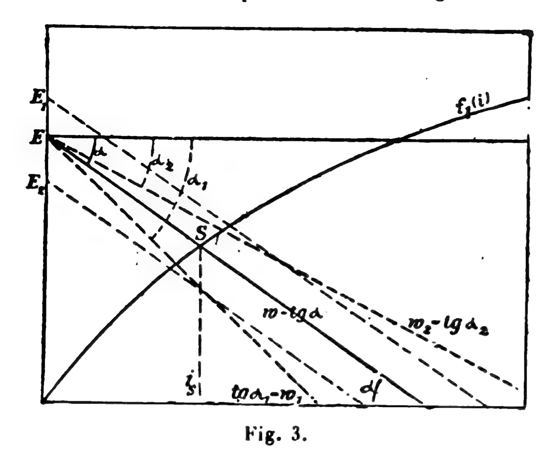


Fig. 3.

différence résulte de la nature même des graphiques où $f_2(i)$ entre avec un signe contraire à celui de $f_1(i)$. La figure 4 montre quelques cas typiques : S_1 est un point stable, car on a à la fois $\frac{\partial f_1}{\partial i} > 0$ et $\frac{\partial f_2}{\partial i} > 0$; S_2 est instable, car $\frac{\partial f_1}{\partial i} < 0$ et $\frac{\partial f_2}{\partial i} < 0$; pour S_3, on a $\frac{\partial f_1}{\partial i} > 0$ et $\frac{\partial f_2}{\partial i} < 0$, mais $\frac{\partial f_1}{\partial i} > \frac{\partial f_2}{\partial i}$; c'est donc un point stable.

Comme application, l'auteur étudie les caractéristiques d'un filament Nernst et d'une colonne gazeuse, munis chacun d'une résistance de ballast.

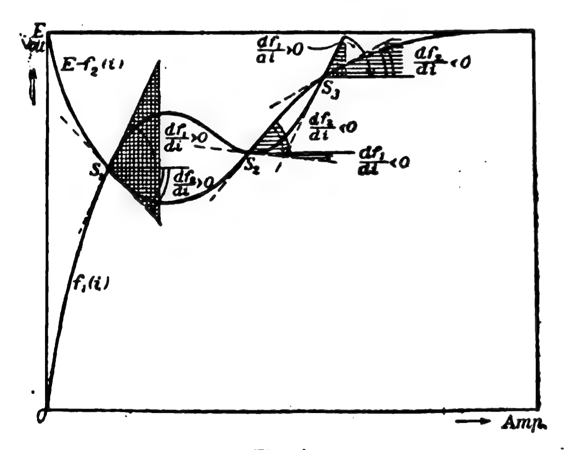


Fig. 4.

L'étude complète des phénomènes dont l'arc électrique est le siège exige la connaissance exacte de sa caractéristique. Ainsi qu'il résulte d'un grand nombre d'expériences, l'allure de celle-ci dépend de multiples circonstances, telles que la longueur de l'arc, la nature des électrodes, la nature, la température et la pression des gaz qui l'environnent, enfin la conductibilité calorifique des électrodes.

Caractéristique statique. — En faisant varier pro-

gressivement la tension et le courant au moyen d'un rhéostat intercalé dans le circuit d'une lampe à arc (ou d'un récepteur quelconque) alimentée par du courant continu, on obtient sa *caractéristique statique*. Les travaux de M[me] Herta Ayrton sur ce sujet ont montré que la tension e et l'intensité i satisfaisaient à la relation

$$ei = a + bi,$$

où a et b sont des constantes. Cette relation ne représente plus les phénomènes correspondant à la période d'allumage, pour laquelle les expériences sont plus difficiles à exécuter à cause de la tension continue très élevée dont il faut disposer.

La figure 5 représente, d'après les données de M[me] Ayrton, la caractéristique statique d'un arc continu entre charbons homogènes. On voit que, lorsque le cou-

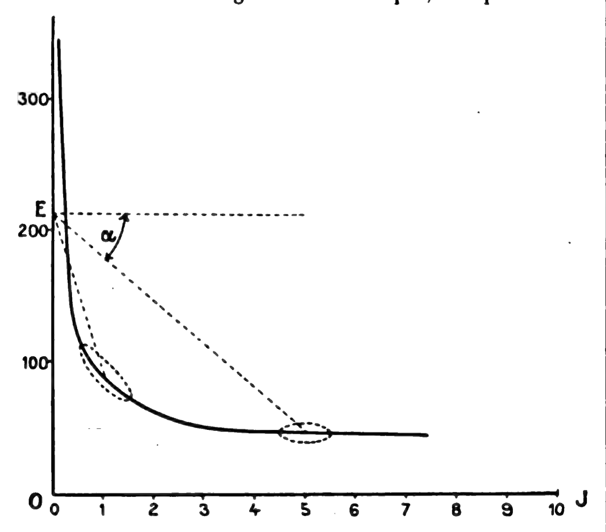


Fig. 5. — Caractéristique statique d'un arc continu entre charbons homogènes.

rant croît, la tension diminue; Simon désigne une telle caractéristique sous le nom de *caractéristique tombante* et, d'après ses recherches en commun avec Reich, il a établi cette loi remarquable : que tout conducteur à caractéristique tombante est capable d'entretenir des oscillations permanentes dans un circuit oscillant en dérivation entre ses bornes. C'est le cas de l'arc chantant. Sur la figure 5, il est facile de discuter les conditions de fonctionnement de l'arc, en faisant intervenir la ligne de résistance définie plus haut.

Caractéristique dynamique. — On appelle *caractéristique dynamique* la courbe obtenue quand on alimente la lampe (ou le récepteur quelconque) par du courant alternatif. Pour la construire, on tire des épreuves photographiques des courbes de la tension et du courant au moyen d'un oscillographe; on reporte ces clichés sur du papier quadrillé et des valeurs mesurées pour e et i on déduit la caractéristique. L'auteur recommande, pour cette étude, le tube de Braun modifié par Wehnelt. La tache lumineuse décrit directement sur l'écran fluorescent la caractéristique cherchée; cet appareil offre, en outre, l'avantage sur les oscillographes de pouvoir s'appliquer à des courants de très haute fréquence, comme ceux qui sont engendrés dans le circuit dérivé de l'arc chantant.

Nous reproduisons en figures 6 et 7 deux types de caractéristiques dynamiques publiées par l'auteur.

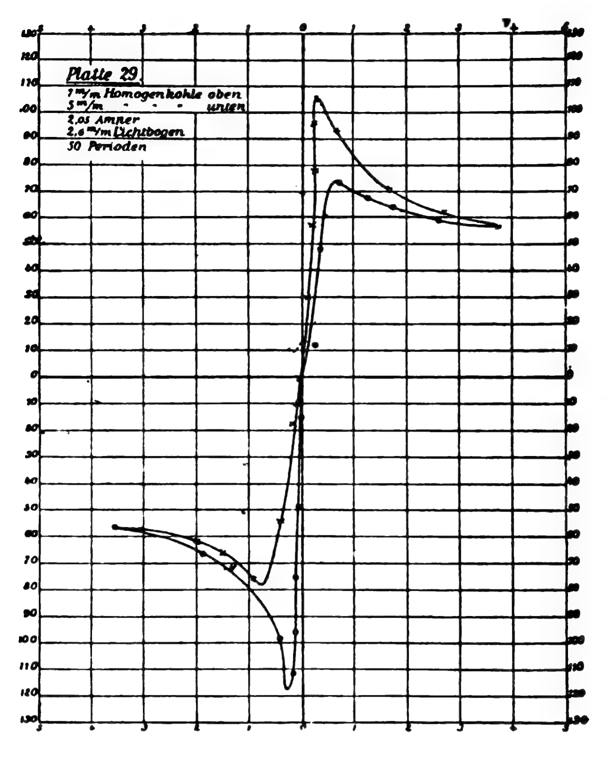


Fig. 6. — Caractéristique dynamique d'une lampe à arc. Charbons homogènes : supérieur, 7mm; inférieur, 5mm; intensité du courant, 2,05 ampères; fréquence, 50; longueur de l'arc, 2mm,6.

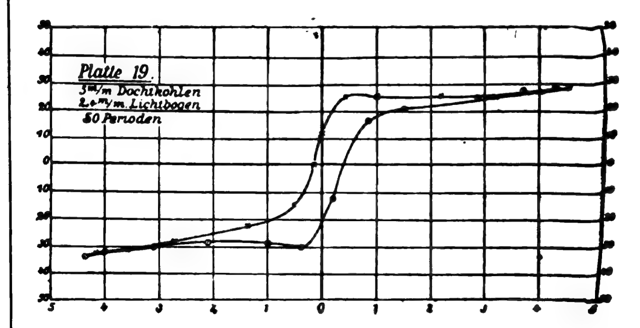


Fig. 7. — Caractéristique dynamique d'une lampe à arc. Charbons à mèche de 5mm de diamètre; fréquence, 50; longueur de l'arc, 2mm,4.

On voit par ces deux exemples que l'allure de la caractéristique en courant alternatif est bien différente de la caractéristique statique. Si le courant, après avoir commencé à croître, vient à décroître, la tension ne repasse pas par les mêmes valeurs dans cette seconde

phase; il y a un retard ou, autrement dit, la valeur de tension dépend de son histoire antérieure. L'ensemble de ces phénomènes est désigné sous le nom d'*hystérésis de l'arc;* ils offrent une analogie complète avec les phénomènes d'aimantation du fer.

En relevant la caractéristique aux bornes d'un arc chantant (¹), Simon a constaté qu'elle se présentait également sous forme d'une boucle d'hystérésis, comme le montre la courbe de la figure 8. Elle donne une explication très simple du phénomène de Duddell. Le courant alternatif provenant du circuit oscillant se superpose au courant de l'arc, de sorte que celui-ci est traversé par un courant ondulé. La partie alternative de ce courant ondulé a un déphasage de 180° par rapport au courant du circuit oscillant, c'est-à-dire qu'il croît lorsque celui-ci décroît, et inversement.

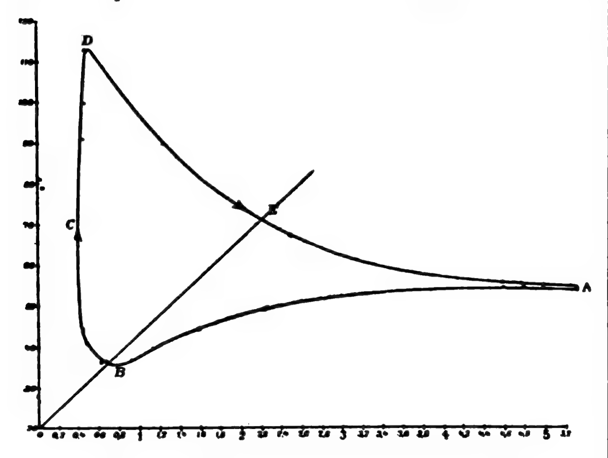


Fig. 8. — Caractéristique d'un arc chantant.
Longueur de l'arc, 3mm; tension du réseau, 220 volts; différence de potentiel aux bornes de l'arc, 71 volts; capacité, 15 microfarads; self-induction, 0,007 henry; fréquence, 450 environ.

Admettons que le courant de l'arc ait dépassé son maximum et le courant dérivé son minimum (point A de la caractéristique); le premier décroît alors très rapidement parce que le circuit dérivé en absorbe une partie pour charger le condensateur. Mais, comme le cratère négatif se refroidit lentement, la conductivité de l'arc reste grande et, par suite, la chute de potentiel de l'arc très petite. La tension de l'arc décrit dans cette période de courant décroissant la branche ABC. Quand le courant dérivé a atteint son maximum (C) et qu'il tend de nouveau à repasser à travers l'arc, à un courant croissant correspond alors une chute de potentiel bien plus grande que pour la même intensité décroissante, parce que le cratère négatif a eu le temps de se refroidir et qu'ainsi la résistance de l'arc est devenue plus grande. (Le courant croissant parcourt la branche CDA de la boucle.) La tension croît jusqu'à ce que la conductivité de l'arc et l'intensité du courant soient suffisantes pour amener la température du cratère négatif au blanc (point D de la courbe). De là, le courant continuant à croître, la tension baisse rapidement (de D à E) et, quand le condensateur est chargé (E), il tend à se décharger à travers l'arc, ce qui augmente encore le courant de celui-ci jusqu'à son maximum en A, qui correspond à la décharge complète du condensateur. A partir de ce moment, le cycle des mêmes phénomènes recommence.

Nous terminerons en rappelant que Simon a expliqué, d'une façon très satisfaisante, l'allure des caractéristiques dynamiques et l'existence de l'hystérésis, au moyen de la théorie des ions appliquée à l'arc.

(¹) *Physikalische Zeitschrift,* t. VII, 1er juillet 1906, p. 433.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à incandescence : *Lampes à filament* : CONSORTIUM FUR ELECTROCHEMISCHE INDUSTRIE G. M. B. H. DRP. 184704, 15 fév. 1906 (corps incandescents constitués par un mélange de tungstène et de conducteurs de 2e classe). — DEUTSCHE GASGLUHLICHT. DRP. 184705, 28 mars 1906 (filaments métalliques); 185545, 12 août 1905 (filaments en osmium-iridium). — FRISTER, A.-G. DRP. 185213, 11 mai 1906 (corps éclairant en forme de chaîne). — HEMPEL. DRP. 184703, 2 nov. 1905 (filaments en métaux difficilement fusibles). — LUX. BF. 373950, 31 mars 1906 (procédé de fabrication de filaments de tungstène métallique). — PHELPS. DRP. 183571, 25 août 1904 (lampe à plusieurs filaments avec dispositif d'allumage successif). — *Accessoires :* BUCHLE. BF. 384008, 28 déc. 1906 (dispositif lumineux pour boutons électriques, interrupteurs, commutateurs, etc.). — CHASE. USAP. 845754, 29 déc. 1906 (douille de lampe). — DALE. USAP. 846912, 24 mai 1906 (lustre pour lampes à incandescence). — LAZARETH. DRP. 185210, 15 nov. 1905 (ampoules pour lampes électriques d'arbre de Noël). — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 184819, 6 fév. 1906 (mise en série de douilles de lampes à incandescence). — SYLVESTER. USAP. 849089, 5 juillet 1906 (douille à clef). — THOMAS. USAP. 849934, 13 déc. 1905 (rosette avec ouverture centrale et latérale).

Lampes à arc : COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ. BF. 376361, 4 avril 1907 (perfectionnements aux lampes à arc). — GESELLSCHAFT FUR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE. DRP. 187040, 4 déc. 1906 (lampes à arc). — SEMENZA. USAP. 854764, 25 oct. 1902 (lampe triphasée). — *Electrodes :* READ. USAP. 859840, 16 sept. 1904 (électrode à magnésium); 859579, 18 mai 1901 (électrode contenant des carbures conducteurs insensibles à l'humidité); 859889, 10 oct. 1902 (électrode à titanium); 859890, 25 oct. 1902 (électrode contenant du carbone et du carbure de calcium); 859891, 29 mai 1905 (électrode contenant du carbure de zirconium avec un liant). — *Suspensions, régulateurs et accessoires :* BENJAMIN ELECTRIC MANUFACTURING Co. BP. 12998, 1906 (supports pour lampes). — DRUSEIDT. BP. 13172. 1906 (réflecteurs). — FORTUNY. BF. 376679, 19 juin 1906 (variation de l'intensité des lampes à arc). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 13285, 1906 (régulateur). — KEIL. BF. 376658, 13 mars 1907 (corps de lampe pour lampes électriques). — KUHNE. USAP. 854827, 31 janv. 1907 (suspension pour lampes à arc et autres objets). — RICKS. DRP. 187085, 21 avril 1906 (allumage des lampes à arcs à conducteur de 2e classe par échauffement préalable par des conducteurs de 1re classe).

MESURES ET ESSAIS.

THERMOMÉTRIE.

Sur la constance des couples thermo-électriques, par W.-P. WHITE (*Physikalische Zeitschrift*, t. VIII, 15 mai 1907, p. 325 à 338). — Les plus grandes causes d'erreurs dont sont entachées les indications des couples thermo-électriques proviennent presque exclusivement du manque d'homogénéité des fils au moment de leur fabrication, ou d'altérations chimiques et physiques qu'ils subissent dans les diverses circonstances de leur application. Il en résulte, le long des fils, la production de forces électromotrices parasites qui faussent les données de l'élément à la moindre variation de la température ambiante. Les défauts originels ne peuvent guère s'éliminer que par un choix convenable des fils, tandis que certains tours de main suffisent, en général, pour s'affranchir des défauts accidentels. Nous nous proposons d'indiquer les altérations les plus caractéristiques auxquelles sont exposés les couples thermo-électriques.

COUPLE PLATINE-PLATINE RHODIÉ. — L'auteur a décrit un assez grand nombre de dispositifs pour l'étude des couples en général, mais d'une façon trop incomplète pour que le lecteur puisse en retirer quelque profit. Nous nous contenterons donc des résultats auxquels il est parvenu.

L'essai des couples au platine exige souvent l'emploi de très hautes températures: il est alors dangereux d'exposer directement le fil à la flamme d'un brûleur Bunsen, qui suscite parfois dans la force électromotrice des variations dont l'ordre de grandeur est environ le millième de la force électromotrice totale. Ces variations, passagères, ont lieu dans un sens ou dans l'autre. Pour pouvoir quand même utiliser ces hautes températures, on loge les fils dans des tubes de porcelaine émaillée chauffés par des rampes de brûleurs en queue de carpe. La portion chauffée peut varier dans des proportions suffisantes pour la plupart des besoins. Quand on veut étudier des bouts trop courts, on les soude à d'autres morceaux tirés de la même bobine.

L'auteur a tout d'abord porté ses investigations sur l'action nocive des gaz carburés. Il n'a constaté aucune altération en exposant le couple à la flamme du chalumeau ou en le chauffant, au moyen d'un courant électrique, soit dans le gaz d'éclairage, soit dans l'oxyde de carbone, à toutes températures jusqu'au point de fusion du platine. Ses conclusions infirment même l'opinion de Holborn et Wien qui prétendaient avoir remarqué que l'hydrogène, inoffensif en soi, mais mis en présence de silicates, libérait de l'acide silicique qui attaquait le platine, tandis que le carbone seul pouvait altérer les couples. Or, ce dernier se comporte comme agent réducteur à l'instar de l'hydrogène, et ne devient dangereux qu'en présence de substances qui abandonnent par réduction des produits nuisibles. Les fours garnis d'argile fraîche ou incomplètement brûlée donnent lieu aussi à des actions perturbatrices provenant des matières organiques contenues dans l'argile. Il suffit d'un recuit, à haute température et à l'air libre, pour revivifier les couples qui ne sont pas trop endommagés, ou bien on coupe les bouts réfractaires à ce traitement.

On a suspendu dans un four électrique un fil de platine pur sans tube de porcelaine protecteur. Il s'est révélé une trace d'impureté qui ne pouvait provenir que des matières contenues dans le four et, de plus, ces substances nuisibles attaquaient le couple sous forme de vapeur. Après bien des recherches, on a reconnu que ces agents destructeurs n'étaient autres que des vapeurs d'iridium ou de rhodium, soit purs, soit sous forme d'alliage; ces corps se trouvent, en effet, dans le four, l'iridium comme corps de chauffage (ou accompagne le platine impur du commerce) et le rhodium comme partie intégrante du couple, et se volatilisent aux hautes températures auxquelles on travaille. L'analyse chimique d'un fil de platine exposé ainsi quelque temps à la chaleur d'un four a pleinement confirmé ces prévisions. Le recuit régénère partiellement les couples ainsi endommagés; et, comme le platine du commerce contient toujours des traces d'iridium, il vaut mieux, pour avoir un couple constant, éviter de le chauffer dans un four ou alors l'enfermer dans des tubes de porcelaine vitrifiée de Marquardt, qui supportent facilement des températures de 1500°. Les tubes non vitrifiés n'ont de valeur que comme support mécanique. Pour éviter l'attaque plus lente du rhodium, on s'arrangera pour soumettre le couple le moins longtemps possible aux hautes températures. Au-dessous de 900°, l'iridium est indifférent. L'expérience a montré que les couples platine-platine iridié étaient moins constants que les couples platine-platine rhodié, à cause, pensait-on, de la perte en iridium par volatilisation. Mais, d'après les observations ci-dessus, on ne peut pas ne pas atrribuer cette différence à l'absorption des vapeurs d'iridium par le platine. S'il en est ainsi, les couples à l'iridium montreront une constance plus grande si on les place dans des conditions telles que les deux fils ne se trouvent plus au voisinage l'un de l'autre. Cet arrangement spécial, étudié par MM. Waidner et Burgess, a donné des couples à l'iridium très constants dans leurs indications.

Si les fils de platine sont indifférents à la flamme du gaz, ils subissent cependant une altération dans un four à gaz de Fletcher, comme on pouvait le prévoir. En effet, dans le four étudié, les parties froides du couvercle étaient recouvertes d'une couche d'oxyde de fer dont la distribution laissait à penser que le fer, entraîné hors du four par les gaz, s'était oxydé puis précipité, et que cet oxyde, comme l'acide silicique, donnait naissance à des produits nuisibles dans des fours contenant une atmosphère réductrice. On vérifie le fait en enfermant



du platine avec quelques milligrammes de fil de fer dans un tube de porcelaine et chauffant le tout à 1500°.

Le laminage d'un métal exerce une influence sur sa force thermo-électrique et avec les couples au platine il conduit à des erreurs considérables. Les éléments neufs prennent un certain durcissement à l'étirage; et leurs données sont souvent trop élevées même à la température ordinaire. Si on ne les a pas recuits, le ramollissement des parties chauffées cause des altérations locales qui subissent encore des variations ultérieures sous l'action d'une élévation de température. Bien plus, les fils prennent du dur à l'usage par torsion ou autre action mécanique; le platine même deviendrait cassant quand on le chauffe à une moyenne température. Ce point demande cependant à être encore élucidé. Heureusement, le recuit remédie assez bien à cet inconvénient et, pour le platine, c'est une opération facile, parce qu'il ne s'oxyde pas. A l'Institut Carnegie de Washington on se contente de recuire les parties du fil qui seront placées dans le four ou dans son voisinage immédiat. Un fil de $0^{mm},6$ de diamètre, à l'air libre, supporte un courant de 17 ampères; or, il suffit de 15 ampères au plus pour bien le recuire.

La pureté chimique de la matière première échappe plus facilement au contrôle de l'expérimentateur; mais, par compensation, on doit reconnaître que les fabricants modernes fournissent des couples au platine presque parfaits. L'auteur a étudié des fils de platine et de rhodium jusqu'à 1000°, par différentes méthodes, sans jamais avoir pu constater, sur des éléments neufs, que le manque d'homogénéité se traduisît par une erreur supérieure à 2 microvolts, soit $\frac{2}{10000}$ de la force électromotrice thermo-électrique correspondant à cette température de 1000°.

Les forces thermo-électriques parasites qui prennent naissance par suite de toutes ces impuretés sont bien plus grandes qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. Néanmoins, on peut atteindre encore une exactitude suffisante avec des éléments altérés en les comparant à des étalons dans des conditions telles que la chute de température le long du fil reste toujours la même.

Les mêmes causes d'erreurs ont été constatées par l'auteur sur des fils de platine-rhodié et, si peu d'observations ont été publiées sur ce sujet, cela provient sans doute de ce que les impuretés engendrent dans ces fils des forces électromotrices parasites bien moindres que dans les fils de platine pur (à peu près le cinquième).

Couple cuivre constantan. — Une autre série d'expériences a été réalisée sur un couple cuivre-constantan devant servir aux températures ordinaires. Avec ce couple, la facilité et l'exactitude des lectures sont bien supérieures à celles d'un thermomètre à mercure

Avec les fils du commerce, la précision atteint le 0°,01 jusqu'à 45°; d'autre part, au lieu d'un couple unique, on en dispose plusieurs en série dans un même tube de façon à constituer une pile. Pour ce dispositif, l'auteur revendique les avantages suivants : 1° les erreurs commises dans les mesures électriques prennent moins d'importance grâce à la plus grande force électromotrice qui entre en jeu; 2° les irrégularités possibles dans les fils se compensent mutuellement.

Il faut alors employer des fils isolés; cette obligation rend prohibitif l'usage du fer ou de l'acier, auxquels on substitue avantageusement le cuivre dont les propriétés thermo-électriques sont plus constantes. On a donc, avec un couple cuivre-constantan, moitié moins de de danger d'être troublé par le manque d'homogénéité des métaux, tout en disposant d'une force électromotrice qui est encore le cinquième de celle du couple fer-constantan.

La figure 1 est un spécimen très curieux des anomalies présentées par un couple cuivre-constantan, dont le constantan, n° 36, $0^{mm},127$ de diamètre, provenait de la Driver-Harris Company. Portant en abscisses les longueurs des fils et en ordonnées les forces électromotrices en microvolts, on voit qu'il existe une perturbation périodique de 60^{cm} d'amplitude. D'après le professeur Dickinson du Bureau of Standards, elle proviendrait de la façon dont on procède au recuit pour lequel les fils sont enroulés en bobines de 60^{cm} de tour.

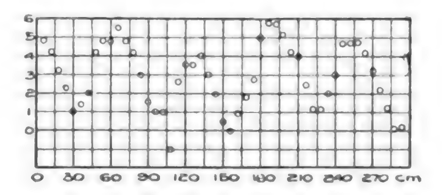


Fig. 1.

Néanmoins, l'auteur a pu, grâce à un système de compensation très sûr, utiliser ces fils pour toutes ses recherches dont nous résumons les résultats ci-dessous.

Il faut éviter tout heurt ou choc qui occasionne une sorte de laminage des fils. On n'a pas pu se rendre compte si le recuit constituait aussi pour le constantan un remède suffisant contre ce mal. L'oxydation est l'altération chimique la plus redoutable aux fils de cuivre et de constantan. Un fil de constantan, n° 22, $0^{mm},6$ de diamètre, exposé pendant trois mois à l'air souvent renouvelé d'un laboratoire, a subi une variation de 0,6 volt dans sa force électromotrice par rapport au cuivre. En grattant la couche d'oxyde, on atténue partiellement l'erreur résultante, sans cependant jamais pouvoir revenir à la force électromotrice initiale

Avec des fils isolés, il faut bien entretenir l'isolant, ce qui revient pratiquement à les préserver de l'humidité; mais les fils isolés ne se prêtent ni au recuit, ni au grattage.

On améliore sensiblement tous ces couples en les plaçant, avant leur mise en service, dans des conditions à peu près identiques à celles où ils se trouveront dans la pratique. Ainsi un couple qui doit supporter de hautes températures gagnera à être recuit avant son étalonnage; de même, on le prémunira contre le manque d'homogénéité qui résulte d'un inégal durcissement au moment de la fabrication en lui faisant subir un mouvement de va-et-vient sur l'arête d'un morceau de bois taillé à angle droit. Le fil ainsi travaillé est vieilli artificiellement en le soumettant pendant 15 minutes à une

température de 100°; après quoi, le couple tend rapidement vers un état stationnaire.

L'emploi d'un couple altéré demande les mêmes précautions que celles indiquées pour les couples au platine.

B. K.

DIVERS.

Électromètre à fils de quartz platinés, par TH. WULF (*Physikalische Zeitschrift*, t. VIII, n° 8, 15 avril 1907, p. 246). — L'auteur a réalisé un appareil très sensible et très pratique en substituant, aux feuilles d'or ou d'aluminium de l'électroscope classique, des fils de quartz platinés suivant la méthode de Bestelmeyer, qui consiste à exposer les objets à métalliser au bombardement cathodique. Ces fils, de 6^{cm} de longueur environ, sont suspendus très près l'un de l'autre; les autres bouts libres sont ensuite soudés entre eux, et tout l'ensemble est tendu par un petit carré de papier d'étain.

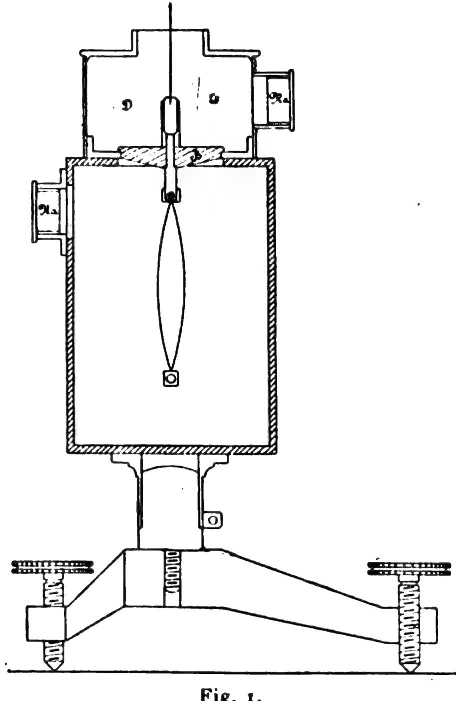


Fig. 1.

Si ces fils sont isolés et chargés, ils se repoussent; l'écart est maximum en leur milieu. C'est donc dans cette région qu'il faudra diriger le microscope et l'oculaire micrométrique qui servent à la lecture des déviations. Cet équipage est tellement léger que la résistance de l'air suffit pour assurer l'apériodicité de ses déplacements; les trépidations ne peuvent en rien troubler les observations. La figure 1 donne une vue d'ensemble de l'appareil sans le microscope. Il comprend essentiellement une cage cylindrique en laiton, percée seulement d'une petite fenêtre pour l'éclairage intérieur. Sur la partie supérieure de cette cage repose une plaque de porcelaine B traversée par la tige qui porte les fils. En Na Na, on adapte des tubes de verre remplis de chaux qui servent à dessécher la cage. On règle l'appareil en agissant sur ses vis calantes pour amener les fils au milieu du champ du microscope qui est fixé à la cage; la mise au point rigoureuse a lieu ensuite au moyen de la vis antérieure tournée du côté de l'observateur. Le plan des fils, une fois réglé, reste toujours perpendiculaire à l'axe du microscope; en outre, même aux potentiels les plus élevés, la partie médiane des fils est rigoureusement parallèle aux divisions de l'échelle. L'auteur a choisi deux grossissements (70 et 100) pour son viseur et un assez long foyer pour la lentille objective, afin de ne pas avoir à placer celle-ci trop près des fils [1].

Une comparaison avec l'électroscope à feuilles d'aluminium fera mieux ressortir les qualités essentielles de ce nouvel instrument. Il n'y a pas collage des feuilles comme dans le premier; l'écartement des fils résulte de la charge seule, et, même au repos, cet écartement conserve toujours une valeur bien déterminée, grâce au poids tenseur. Il n'y a pas d'erreur de parallaxe et pas d'erreur de mise au point sur les fils qui donnent une image nette. Dans l'électroscope à feuilles, l'échelle comprend seulement 30 divisions; il y en a 150 dans le nouveau modèle, et l'on apprécie facilement le dixième d'une division. Comme la lecture peut se faire sur les deux fils, on élimine les erreurs résultant d'un déplacement du zéro ou plutôt de la position initiale. La figure 2 donne une vue des fils et de l'échelle, qui comporte en réalité 75 divisions de part et d'autre du zéro.

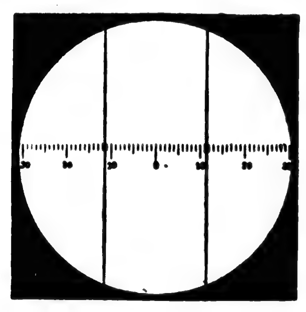


Fig. 2.

Le Tableau comparatif suivant est très explicite en ce qui concerne la capacité déterminée par la méthode de Harms :

Capacité.	Sans la tige.	Avec la tige.
De l'électroscope à fils............	$2^{cm},8$	$4^{cm},1$
De l'électroscope à feuilles d'aluminium........................	$4^{cm},7$	$6^{cm},7$

L'écart maximum des fils étant de quelques millimètres seulement, il y a indépendance absolue entre la capacité et la charge.

Un instrument de sensibilité moyenne (0 à 250 volts) avec un fil de quartz nu de $0^{mm},006$ indique un écart de

(1) Cet électroscope est construit par M. Günther et Tegetmeyer, de Braunschweig, qui l'ont fait breveter en Allemagne (D. R. P. 181284).

1 division pour 1,1 volt, tandis qu'un électroscope à feuilles exige de 6 à 7 volts pour la même déviation. Pour la mesure des quantités d'électricité, la sensibilité du premier est dix fois plus grande, car à une division correspond une charge $1,1 \times 2,8 = 3,1$ et, pour le second, une charge $6,5 \times 4,7 = 30,5$, c'est-à-dire qu'il faut une charge environ dix fois plus grande pour produire la même déviation.

La courbe d'étalonnage d'un électromètre construit pour 0 à 250 volts montre qu'il y a proportionnalité absolue entre les déviations et les différences de potentiel. Entre 60 et 240 volts, tous les points se trouvent rigoureusement sur une ligne droite; les données d'un électroscope à feuilles ne sont utilisables que sur une échelle de 70 volts environ.

Sous l'action d'une charge moyenne, les fils prennent rapidement leur position d'équilibre; en réalité, il y a bien quelques oscillations dues aux courants d'air, mais elles sont très vite amorties, et c'est un plaisir, dit l'auteur, de voir avec quelle précision les fils se règlent à un dixième de division près quand on les charge et décharge successivement à un même potentiel. La même constatation peut se faire par l'approche ou l'éloignement d'un bâton de verre frotté. Avec une charge plus forte, les oscillations sont encore plus rapides, plusieurs milliers par seconde. Cet instrument constitue donc un oscillographe électrostatique parfait et, comme il n'a ni self-induction, ni capacité, qu'il n'est traversé par aucun courant, il est particulièrement apte à suivre les variations de tension. A l'observation subjective, on peut aussi substituer l'observation objective ou l'enregistrement avec un dispositif assez semblable à celui du galvanomètre à corde de Einthoven ([1]). Enfin, cet appareil remplacera dans bien des cas l'électromètre à quadrants. B. K.

La détermination du décalage de phase dans les installations triphasées, par P. HUMANN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 18 juillet 1907, p. 706 et 707). — Dans les installations à courants triphasés par force et lumière, la charge des machines est en général mesurée au moyen de deux compteurs wattmètres montés comme l'indique la figure 1. Si les

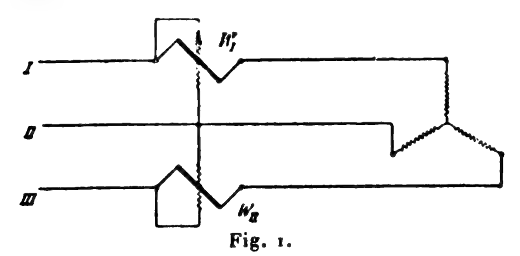


Fig. 1.

phases sont également chargées en courants wattés, les deux compteurs indiquent la même charge. Si, au contraire, il se produit un décalage de phase entre le courant et la tension, les indications des deux compteurs sont différentes. On peut simplement se rendre compte du fonctionnement des deux compteurs à l'aide du diagramme de la figure 2, dans laquelle on a O-I, O-II, O-III, les trois forces électromotrices étoilées, décalées de 120°.

([1]) *La Revue électrique*, t. III, 28 février 1905, p. 123.

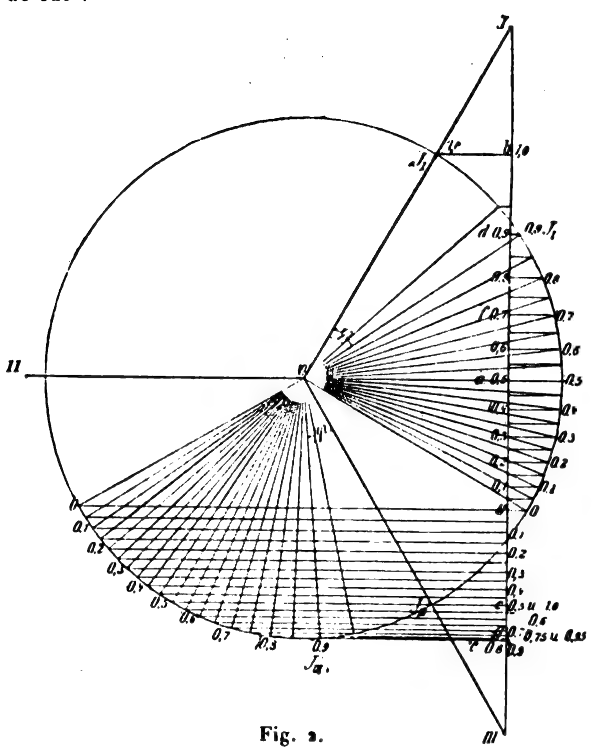


Fig. 2.

Dans le cas où le courant est en phase avec la tension, le courant J_I et J_{III} dans les bobines gros fil des compteurs est en phase avec les tensions O-I et O-III. La direction du courant dans les bobines en dérivation des compteurs est donnée par la tension étoilée I-III. La charge indiquée par chacun des compteurs est proportionnelle au produit de la tension étoilée I-III par la projection du courant sur la direction I-III; si la tension est constante, l'indication du compteur est proportionnelle à cette projection.

La charge triphasée s'obtient par l'addition des indications des deux compteurs; on voit sur le diagramme que les projections des deux courants J_I et J_{III}, *ab* et *ac* sont égales si le décalage est nul; mais, si nous admettons un décalage d'un angle φ tel que $\cos\varphi = 0,9$, les projections des courants $J_{I'}$ et $J_{III'}$ ont les valeurs *ad* et *ae*; pour $\cos\varphi = 0,7$ ces valeurs deviennent *af* et *ag*.

Dans le diagramme de la figure 2 on a dessiné les valeurs des projections pour $\cos\varphi = 1$, 0,95, 0,9, 0,85 jusqu'à 0,05 et pour 0,0. On voit que les projections de J_I diminuent en même temps que $\cos\varphi$ et cette projection est nulle pour $\cos\varphi = 0,5$. Si le $\cos\varphi$ continue à diminuer, la direction de la projection s'inverse mais augmente quand $\cos\varphi$ diminue, ce renversement a pour résultat de faire tourner le compteur en sens inverse; pour $\cos\varphi = 0,5$ l'un des compteurs s'arrête pendant que l'autre indique toute la puissance. On peut conclure de ce qui précède que pour chaque angle de décalage de phase existe un rapport déterminé entre les indications

des deux compteurs ou wattmètres. Pour $\cos\varphi = 1$, ce rapport est égal à 1 et il croît pour des valeurs de $\cos\varphi$ de plus en plus faibles jusqu'à $\cos\varphi = 0,5$, où il devient infini. Si la valeur de $\cos\varphi$ continue à diminuer, le rapport décroît de nouveau et devient égal à 1 pour $\cos\varphi = 0$ comme pour $\cos\varphi = 1$.

Le Tableau ci-dessous donne le rapport $\frac{W_1}{W_2}$ po différentes valeurs de $\cos\varphi$.

Cos φ.	$\frac{W_1}{W_2}$.	Cos φ.	$\frac{W_1}{W_2}$.
1	1	0,45	14,62
0,95	1,469	0,40	7,197
0,90	1,776	0,35	4,670
0,85	2,114	0,30	3,394
0,80	2,527	0,25	2,619
0,75	3,075	0,20	2,094
0,70	3,866	0,15	1,705
0,65	5,154	0,10	1,422
0,60	7,688	0,05	1,190
0,55	15,21	0,00	1,00
0,50	∞		

Ces valeurs permettent d'établir le diagramme de la figure 3.

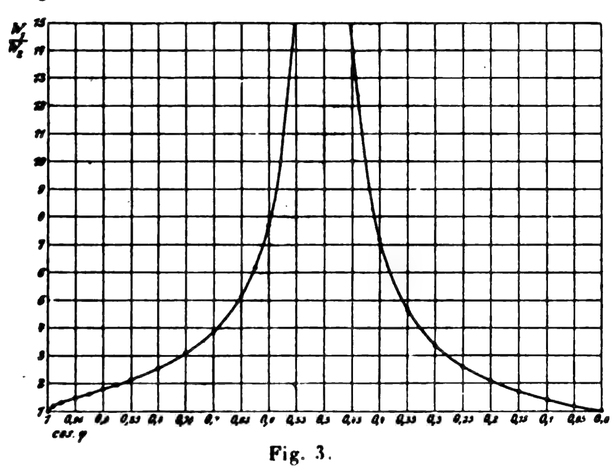


Fig. 3.

On peut, à l'aide de ce diagramme, déterminer l'angle de décalage, à la condition de savoir si le $\cos\varphi$ est plus grand ou plus petit que 0,5, en faisant le rapport des indications de deux wattmètres ou de deux compteurs.

E. B.

Syncroscope ou appareil indicateur du synchronisme de deux courants alternatifs, par COHEN (*Electrical World*, t. XLIX, 4 mai 1907). — L'auteur décrit un appareil inventé par M. Lincoln et employé aux usines hydro-électriques du Niagara, qui permet de déterminer le moment exact où deux alternateurs arrivent au synchronisme. Cet appareil se compose d'un cadre inducteur sans fer fixe, dans l'enroulement duquel on fait passer le courant de l'un de ces alternateurs, et d'un équipage mobile constitué par deux cadres inducteurs à angle droit également sans fer, dans les enroulements desquels on fait passer le courant du deuxième alternateur, après avoir décalé à 90° la phase de l'un des enroulements par rapport à l'autre, au moyen d'une bobine de self et d'une capacité. Quand les deux courants envoyés dans l'appareil sont synchrones, l'équipage mobile se place dans sa position d'équilibre et y reste, grâce à son inertie et aux frottements, car le champ composé engendré par les trois cadres inducteurs tend à le faire osciller alternativement dans les deux sens autour de cette position. Quand, au contraire, les deux courants ne sont pas synchrones, l'équipage mobile se met à tourner autour de son axe et fait, en une seconde, un nombre de tours égal à la différence entre les chiffres représentant les fréquences des deux courants. Le sens de ce mouvement permet de reconnaître lequel des deux alternateurs est en avance sur l'autre.

Pour se servir de l'appareil, par exemple pour effectuer le branchement d'un alternateur sur une ligne en charge, on règle cet alternateur de façon à réduire la vitesse de l'équipage mobile à 1 tour par 5 secondes environ, puis on ferme son circuit sur la ligne.

Il existe encore un autre modèle de cet appareil, sans cadres mobiles, dans lequel le champ composé actionne une pièce de fer doux. Cette variante est absolument analogue à l'appareil précédent comme principe et comme mode d'emploi.

Sur l'effet de la fréquence sur la capacité des condensateurs étalons, par J.-G. COFFIN (*Physical Review*, t. XXV, juillet 1907, p. 71). — Pour la confection des condensateurs de mesure il a été proposé de prendre deux plaques de verre optiquement planes. Pour rendre ces plaques conductrices et aussi pour pouvoir déterminer leur parallélisme et leur distance par la méthode de Perot et Fabry, il est nécessaire de recouvrir leurs faces en regard d'une très mince couche d'argent. Par suite de la grande résistance électrique d'une telle couche, on peut craindre que dans les mesures de comparaison, où les condensateurs doivent être chargés et déchargés un grand nombre de fois par seconde, un condensateur étalon construit de cette façon ne puisse toujours prendre sa charge complète.

L'auteur a traité la question par le calcul et est arrivé à des résultats quelque peu surprenants. Par exemple, si le condensateur est formé de deux plaques rectangulaires de 10^{cm} de long, ayant une résistance de 5000 ohms par centimètre de longueur et une capacité de 100 unités C. G. S. par centimètre carré, on trouve qu'avec une fréquence de 1000 périodes par seconde la capacité théorique est de 1 pour 100 plus grande que celle que donne le calcul, et que pour une fréquence de 10000 l'écart en trop atteint 65 pour 100.

La méthode mathématique employée par l'auteur pour faire ce calcul est celle des imaginaires et est semblable à celle que l'auteur a antérieurement utilisée pour déterminer l'influence de la fréquence sur la self-inductance des bobines.

Le cas d'un condensateur plan circulaire conduit à l'emploi des fonctions de Bessel ; celui d'un condensateur en forme d'anneau circulaire est plus simple. Dans l'un et l'autre cas, les résultats accusent entre la capacité théorique et la capacité réelle des différences de l'ordre de grandeur de celles signalées plus haut pour les condensateurs rectangulaires.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

IONS ET ÉLECTRONS.

Les propriétés des électrons. — Adresse présidentielle prononcée par SAMUEL SHELDON à la vingt-quatrième réunion annuelle de l'American Institute of Electrical Engineers, à Niagara Falls, le 25 juin 1907 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXVI, mai 1907, p. 651-682). — L'ÉLECTRON. — Les électrons, appelés *corpuscules* par quelques physiciens, sont les plus petites particules de matière qui aient été isolées. Certains (Larmor) les considèrent comme formés d'éther. Leur forme est inconnue, mais on la suppose souvent sphérique. Aux vitesses ordinaires, la masse d'un électron est $6,3 \times 10^{-28}$ gramme; au repos, sa masse peut être nulle, et, aux vitesses se rapprochant beaucoup de celle de la lumière, elle devient presque infinie. Chaque électron porte une charge négative invariable de $1,1 \times 10^{-19} = e$ coulombs, $1,1 . 10^{-20} = e_m$ unités électromagnétiques, ou $3,4 . 10^{-10} = e_s$ unités électrostatiques.

Les électrons à l'état libre existent dans les conducteurs métalliques, dans les gaz, surtout aux basses pressions, et, à un faible degré, dans les diélectriques solides. Il n'y a pas d'électrons dans l'éther libre.

L'éther est un fluide continu, possédant les propriétés de l'inertie et de l'élasticité. C'est le milieu par l'intermédiaire duquel toutes les forces agissent. Il remplit tout l'espace qui existe entre les électrons, jusqu'aux limites de l'univers. Suivant Lorentz, le passage des électrons à travers l'éther laisse ce fluide inerte.

Chaque électron, isolé et au repos, produit en chaque point de l'éther un champ électrostatique élémentaire, correspondant à sa charge en direction et en intensité. Tous les champs électrostatiques sont produits par la superposition de ces champs élémentaires.

Dans un champ électrique d'intensité E, produit par un ensemble d'électrons, la force exercée sur un électron est Ee_s dynes.

Un électron animé d'un mouvement rectiligne et uniforme à une vitesse de v cm : sec produit en chaque point un champ électrique et un champ magnétique et les entraîne avec lui. Le champ électrique produit est le même qu'au repos si la vitesse de l'électron est faible vis-à-vis de la vitesse de propagation des perturbations de l'éther. Pour les grandes vitesses, il est différent.

Lorsqu'un électron avec sa charge e_m se déplace avec une vitesse uniforme v cm : sec dans une direction faisant un angle θ avec celle d'un champ magnétique d'intensité $\mathcal{H}$, la force exercée sur cet électron par le champ est

$$F = \mathcal{H} e_m v \sin\theta \text{ dynes.}$$

Lorsqu'un électron se déplace avec une vitesse faible par rapport à celle de la lumière et qu'un changement survient dans la grandeur ou la direction de sa vitesse, il émet dans l'éther une radiation dont l'énergie est

$$J = \frac{2}{3} \frac{e_m^2 a^2}{c} \text{ erg : sec,}$$

c étant la vitesse de la lumière en cm : sec, a l'accélération de l'électron en cm : sec².

CHARGE DE L'ÉLECTRON. — J.-J. Thomson et d'autres ont déterminé la valeur de la charge portée par un ion gazeux négatif, qui est la même que celle d'un électron. La méthode employée est basée sur le fait que, si un gaz ionisé, libre de poussières et saturé de vapeur d'eau, se détend adiabatiquement, de façon que le volume final soit au volume initial dans le rapport 1,25, des gouttelettes d'eau se forment autour des ions négatifs seuls; si le rapport atteint la valeur 1,31, les gouttelettes se forment autour des ions des deux signes. Si l'on fait une détente de rapport 1,25, on peut ainsi déterminer la charge d'un ion négatif d'après le nombre des gouttelettes et leur charge totale.

MASSE DE L'ÉLECTRON. — On a déterminé de bien des manières le rapport de la charge d'un électron à sa masse m; la charge étant connue, la masse est ainsi déterminée. Une méthode employée par Thomson consistait à faire passer un courant d'électrons, lancé par la cathode d'un tube à vide, à travers un champ magnétique d'intensité uniforme $\mathcal{H}$ et de direction normale à celle du trajet des électrons. Si la vitesse des électrons est v cm : sec, le champ exerce sur eux une force $e_m v \mathcal{H}$ dynes et leur imprime un mouvement circulaire dont le rayon peut être déterminé par la déviation qu'on observe sur le faisceau cathodique. Comme dans toute accélération centripète, ce rayon a pour valeur :

$$r = \frac{mv}{e_m \mathcal{H}} \text{ cm,}$$

d'où l'on tire

$$m = \frac{r e_m \mathcal{H}}{v} \text{ gr.}$$

On obtient v en soumettant simultanément les électrons à l'action d'un champ électrique dont l'intensité est E en unités électrostatiques et dont la direction est normale aux lignes de force du champ magnétique et aussi à la trajectoire initiale des électrons. On règle le sens et l'intensité du champ électrique de façon que la force Ee_s qu'il exerce sur chaque électron soit égale et directement opposée à celle qu'exerce le champ magnétique. On a alors

$$Ee_s = \mathcal{H} e_m v,$$

d'où

$$v = \frac{Ee_s}{\mathcal{H} e_m}.$$

Une autre méthode employée par Thomson pour la détermination de v a consisté à faire bombarder par des

électrons la surface d'une pile thermo-électrique, dont la vitesse d'élévation de température pouvait se déduire de la vitesse d'accroissement de la force thermo-électromotrice.

Bien d'autres méthodes ont été employées pour la détermination de la masse m de l'électron. Elles ont toutes conduit à des valeurs du même ordre de grandeur, mais différant notablement les unes des autres. La Table ci-dessous, dressée par Lorentz, indique les valeurs du rapport $\frac{e_m}{m}$ obtenues par diverses méthodes et au moyen d'électrons produits de diverses manières. Le rapport $\frac{v}{c}$ est le rapport de la vitesse des électrons considérés à celle de la lumière.

Méthode.	$\frac{e_m}{m}\, 10^{-7}$.	$\frac{v}{c}$.
Effet Zeemann	1,6 à 3	
Polarisation rotatoire	0,9 à 1,8	
Rayons cathodiques (Simon)....	1,86	
Rayons cathodiques (autres observateurs)	0,7 à 1,4	0,1 à 0,3
Rayons ultra-violets tombant sur le zinc	0,7	
Rayons β du radium	1,75	faible

Les différences constatées sont dues probablement à ce que certains des électrons étaient chargés de matière, et aux vitesses différentes dont ils étaient animés.

L'influence de la vitesse sur la masse a été déterminée par Kaufmann dans le cas d'électrons émis par des sels de radium sous forme de rayons β.

Soit un électron chargé se déplaçant sur une trajectoire curviligne et animé d'une accélération tangentielle et d'une accélération radiale. Puisqu'un électron en mouvement produit un champ magnétique, dont les lignes de force sont circulaires et situées dans un plan normal à la direction du mouvemeut, et que l'intensité de ce champ en chaque point est proportionnelle à la vitesse de l'électron, l'accélération doit être accompagnée d'un accroissement d'intensité du champ. Comme cet accroissement exige qu'un certain travail soit exercé sur l'éther, il faut qu'une partie de la force qui produit l'accélération soit employée à accomplir ce travail.

Des calculs d'Abraham et de ses propres expériences, Kaufmann a conclu qu'un électron au repos n'a aucune masse, et que toute la masse d'un électron en mouvement est due à sa liaison avec l'éther. Aux faibles vitesses, la masse de l'électron est $6,3 \times 10^{-28}$ gr. A une vitesse égale à celle de là lumière, le flux magnétique entourant l'électron dans un plan normal à sa trajectoire deviendrait infini, c'est-à-dire que l'électron acquerrait une self-inductance infinie. Il faudrait donc exercer sur lui une force infinie pour lui imprimer une accélération finie. La masse de l'électron, à cette vitesse irréalisable, serait donc infiniment grande.

Dimensions de l'électron. — Si l'on admet que l'électron est de forme sphérique, si l'on connaît sa charge e_m et sa masse apparente aux faibles vitesses, on trouve pour son rayon la valeur $1,3 \times 10^{-13}$ cm, ce qui est beaucoup plus petit que le diamètre des atomes. De l'examen de divers phénomènes, Lorentz a été conduit à conclure que l'électron est sphérique au repos, ellipsoïdal aux vitesses moyennes et a la forme d'un disque à la vitesse de la lumière.

L'Atome. — Se basant sur l'hypothèse que l'atome est formé d'une sphère uniformément chargée d'électricité positive, contenant un certain nombre d'électrons en mouvement, Thomson, en 1904, essaya de déterminer la façon dont les électrons se disposeraient dans les divers atomes, et les propriétés qui en résulteraient pour ceux-ci. D'après les résultats obtenus, l'atome est formé d'électrons chargés négativement, uniformément distribués sur des sphères concentriques, en raison de leur répulsion mutuelle, et enfermés dans une sphère couverte uniformément d'une charge positive d'intensité telle qu'elle annule le champ qui serait produit extérieurement à l'atome par les charges des électrons.

L'examen de la distribution des électrons, au point de vue des conditions d'équilibre, dans les agrégats ainsi formés, fait reconnaître les faits suivants :

1° La distribution d'un groupe d'électrons peut différer de celle d'un autre en ce qu'il a un nombre plus grand d'électrons distribués sur une ou plusieurs sphères concentriques supplémentaires. Comme noyau, le premier groupe a exactement la même distribution que le second.

2° L'équilibre des distributions peut être très stable pour certains groupes et moins stable pour d'autres.

3° Un groupe moins stable peut devenir plus stable si on lui ajoute un ou quelques électrons, donnant ainsi à l'atome qu'il représente une charge résultante négative.

4° Un groupe moins stable peut devenir plus stable si on lui retire un ou quelques électrons, donnant ainsi à l'atome qu'il représente une charge résultante positive.

Si l'on admet que les atomes des divers éléments chimiques sont ainsi constitués, les conditions d'équilibre expliquent leurs différences et leurs analogies. Les groupes différents indiqués au Paragraphe 1 fourniraient des atomes de propriétés semblables, mais de poids atomiques différents, comme ceux du lithium, du sodium et du potassium. Si un atome, composé d'un groupe dont l'équilibre serait rendu plus stable par la perte d'un électron, est mis en contact avec un atome qui devient plus stable par l'addition d'un électron, ils échangent entre eux un électron. Le premier atome a ensuite une charge résultante positive, le second une charge résultante négative et ils s'attirent l'un l'autre. Le premier atome serait électro-positif, comme celui du sodium, et le second électro-négatif, comme celui du chlore. Après l'échange d'un électron et l'attraction qui en résulte, il s'est formé 1 molécule de chlorure de sodium. L'affinité chimique est ainsi considérée comme due aux attractions électriques.

Le nombre des électrons contenus dans un atome peut varier de temps à autre; l'atome peut donc être électrisé positivement ou négativement ou encore être neutre. La combinaison de deux ou plusieurs atomes, maintenus ensemble par une attraction électrique résultant de la différence de signe de leurs charges, constitue 1 molécule; les atomes peuvent être ceux d'un même élément chimique ou d'éléments différents.



L'ION. — Lorsqu'un groupe ou un système de groupes d'électrons possédant un excès d'électricité positive ou négative est soumis à l'influence d'un champ électrique auxiliaire, il tend à se déplacer dans la direction des lignes de ce champ auxiliaire ou dans la direction opposée, selon le signe de son excès d'électricité. On peut alors l'appeler un *ion*, positif ou négatif, suivant le signe de son excès d'électricité. Dans les divers états physiques de la matière, les ions se présentent sous les formes suivantes.

Ions négatifs. — 1° Électrons isolés et libres.

2° Un ou plusieurs électrons se comportant comme un noyau pour un groupe de molécules. On estime approximativement, en certains cas, que le groupe contient 30 molécules.

3° Atomes d'éléments électro-négatifs formant un groupe dont l'instabilité a été diminuée par l'addition d'un ou plusieurs électrons.

Ions positifs. — 1° Atomes d'éléments électro-positifs formant un groupe dont l'instabilité a été diminuée par la soustraction d'un ou plusieurs électrons.

2° Groupes moléculaires d'où un électron a été retiré.

Les ions négatifs peuvent être associés ou non avec la matière ordinaire. On trouve toujours les ions positifs associés avec elle.

Les lignes de force du champ électrique d'un ion isolé sont dirigées radialement vers cet ion. Dans une molécule, toutes les lignes de force à peu près partent des atomes électro-positifs et se terminent sur les atomes électro-négatifs, mais la distribution du champ est différente pour les différents plans passant par le centre de la molécule. La molécule ne se transporte donc pas quand elle est placée dans un champ électrique auxiliaire, mais tourne sur elle-même et s'oriente. L'orientation d'un système de molécules donne lieu à une polarisation de la substance contenant ce système.

Les électrons libres existent dans les gaz aux pressions inférieures à 10^{mm} de mercure, surtout sous l'influence des agents ionisants; dans les solides conducteurs; dans les rayons β du radium; dans les flammes conductrices.

PRODUCTION DES IONS OU IONISATION. — Dans tous les gaz aux pressions atmosphériques ordinaires, l'ionisation spontanée se produit continuellement. Ceci résulte sans doute de chocs moléculaires d'une intensité très supérieure à la moyenne. La recombinaison des ions positifs et négatifs s'y produit aussi continuellement. Si un gaz ionisé d'un volume de V^{cm^3} est contenu dans un récipient pourvu de deux électrodes reliées aux bornes d'une source de force électromotrice, on peut faire passer un courant à travers le gaz et le circuit. Sous l'influence du champ électrique qui s'établit entre les électrodes, les ions négatifs se déplacent vers l'anode et les ions positifs vers la cathode. Chaque ion négatif, en atteignant l'anode, lui cède un électron avec sa charge de $1,1 \times 10^{-19}$ coulombs: l'ion se transforme ainsi en un atome ordinaire. D'une manière analogue, l'ion positif, en atteignant la cathode, reçoit d'elle un électron et devient un atome ordinaire. Ce double échange est accompagné de la conduction de $1,1 \times 10^{-19}$ coulomb à travers le gaz· il est accompagné aussi de la disparition d'un ion positif et d'un ion négatif. Si l'on accroît la tension aux électrodes, la rapidité des ions s'accroît, le courant ou la vitesse de transmission des charges électriques augmente et la vitesse de disparition des ions augmente aussi. Mais celle-ci ne peut jamais dépasser la vitesse de production des ions. On atteindra donc un courant limite de saturation, qu'on ne pourra dépasser même en accroissant le voltage aux électrodes, tant que cet accroissement de voltage ne produira pas de lui-même une ionisation. L'ionisation spontanée des gaz à la pression atmosphérique ordinaire ne permet le passage que d'environ $3,3 \times 10^{-18}$ ampères par centimètre cube.

La recombinaison des ions se produit dans les gaz avec une vitesse proportionnelle au carré du nombre des ions. Townsend a établi qu'un électron, se déplaçant dans un gaz raréfié sur une trajectoire libre dont les points extrêmes ont une différence de potentiel de 20 volts, c'est-à-dire $\frac{20}{300}$ unités électrostatiques, acquiert une énergie juste suffisante pour ioniser une molécule qu'il vient heurter. On en déduit que la vitesse de l'électron dans ce cas est de $2,7 \times 10^8$ cm : sec. Cette vitesse est très grande en comparaison de la vitesse moyenne des molécules gazeuses aux températures ordinaires. Dans les champs électrostatiques faibles, les électrons ou ions négatifs, seuls, produisent de nouveaux ions par chocs. Dans les champs intenses, l'ionisation par chocs est due aux ions des deux signes.

Les sels introduits dans la flamme d'un brûleur Bunsen s'ionisent et la flamme devient conductrice. Les métaux à haute température ionisent les gaz en contact avec eux et émettent eux-mêmes des ions négatifs. Une température de 200° C. suffit pour produire de l'ionisation. A 1500° C. dans le vide, le platine émet assez d'ions négatifs pour recevoir ainsi un courant de 1 milliampère par centimètre carré. On a constaté que des filaments de charbon chauffés émettent assez d'ions pour laisser passer 1 ampère par centimètre carré de surface.

Il se produit aussi des ions gazeux sous l'influence de l'énergie émise par les substances radioactives, par les rayons X, les rayons de Lenard, la lumière ultra-violette, et de même par les actions chimiques.

CONDUCTION MÉTALLIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ. — Les recherches sur ce phénomène ont conduit à admettre qu'il existe dans les métaux, outre les molécules et les atomes de l'élément métal, des ions positifs et des électrons libres. Les molécules et les atomes ne sont pas libres de se transporter d'une partie du métal à une autre, mais peuvent exécuter des mouvements d'amplitude restreinte autour d'une position moyenne. Les électrons, au contraire, peuvent se mouvoir d'une partie du métal à l'autre, et ces mouvements s'accompagnent de collisions et de changements de direction, comme ceux des molécules dans un gaz, d'après la théorie cinétique des gaz. Le nombre des électrons libres par centimètre cube de métal est très grand; il est de l'ordre du milliard de milliards. Le trajet libre moyen d'un électron dépasse rarement un millionième de centimètre. Le nombre des électrons par centimètre

cube et la longueur moyenne de leur trajectoire libre diffèrent selon les métaux.

Conduction métallique de la chaleur. — Il est probable que la circulation de la chaleur dans le métal, lorsqu'on maintient entre deux de ses points une certaine différence de température, est due à la présence des électrons, qui agissent en transportant et distribuant l'énergie qu'ils possèdent sous forme cinétique. Selon la forme cinétique des gaz, chaque molécule possède, à la température absolue T, une énergie cinétique moyenne h telle que

$$h = \alpha T,$$

où α est une constante universelle, qui a une valeur de $1,6 \times 10^{-16}$ erg par degré absolu. Si la constitution intime des métaux est celle qu'on a admise, il s'ensuit qu'un électron, lorsqu'il n'est pas influencé par les forces électriques ou magnétiques, a la même énergie qu'une molécule gazeuse à la même température.

On sait depuis longtemps qu'à part quelques exceptions les conductivités thermique et électrique des métaux purs sont dans un rapport constant, pourvu qu'on les prenne à des températures convenables, qui dépendent du métal considéré. C'est la loi de Wiedemann et Franz. On n'a pu expliquer de façon satisfaisante la constance de ce rapport qu'en admettant que la chaleur et l'électricité sont l'une et l'autre transmises par les électrons, l'une sous l'influence de la force électromotrice et l'autre sous l'influence de la force thermomotrice.

Force électromotrice de contact. — Lorsque deux métaux, contenant respectivement N_1 et N_2 électrons libres par centimètre cube, sont mis en contact, si $N_2 > N_1$ et si la température est constante et uniforme, il passe plus d'électrons du second métal dans le premier que dans la direction inverse, selon les principes de la théorie cinétique des gaz. Le premier métal prendra de ce fait une charge négative et il s'établira ainsi un champ électrique dont les lignes de force seront perpendiculaires au plan de séparation des métaux. Ce champ tendra à diminuer la vitesse des électrons qui entrent dans le premier métal et à accroître la vitesse de ceux qui en sortent. Un équilibre pourra s'établir quand il passera autant d'électrons dans un sens que dans l'autre. Une différence de potentiel au contact, dont la valeur peut être prédéterminée si N_1 et N_2 sont connus, prend ainsi naissance à la surface de séparation.

Force électromotrice induite magnétiquement. — La force électromotrice engendrée par le mouvement relatif d'un conducteur et d'un flux magnétique est la conséquence directe de la liaison de l'électron avec l'éther. Chaque électron subit l'action d'une force dont la direction est déterminée par les directions du flux et du mouvement et dont la grandeur dépend de leur vitesse relative et de la densité du flux.

Diélectriques solides. — Les diélectriques solides contiennent probablement quelques électrons libres, mais le nombre de ceux-ci par unité de volume est bien moindre que dans les métaux. C'est aux électrons libres qu'est due, dans les isolants solides, la conductivité qui persiste après que les pertes par la surface ont été supprimées.

Considérons une molécule diatomique dans un diélectrique solide. Il semble raisonnable d'admettre qu'elle a la forme d'une haltère, les deux atomes étant placés chacun à une extrémité et reliés par un faisceau de lignes de force électrostatiques. Une telle molécule se comporterait dans un champ électrostatique à peu près comme une aiguille magnétique de même forme dans un champ magnétique. L'une et l'autre s'orienteraient, mais ne se transporteraient pas si les champs étaient uniformes, et la molécule aurait un moment électrique analogue au moment magnétique de l'aiguille. Mais, tandis que la distance entre pôles est maintenue constante par la rigidité de l'acier dans l'aiguille, il n'en est pas de même pour les deux atomes formant les extrémités de la molécule. Pour une densité de flux électrostatique suffisamment grande, la molécule serait rompue, ses atomes, avec leurs charges de signes contraires, étant arrachés l'un de l'autre par l'action du champ. Ce phénomène se manifesterait par la rupture du diélectrique.

La production de la lumière. — Bien des efforts ont été faits pour expliquer par la théorie électronique les spectres caractéristiques des divers éléments chimiques. Pour bien des raisons, on ne peut guère considérer ces efforts comme ayant atteint le but, ainsi que Crew l'a clairement montré. On ne sait que peu de chose sur les relations qui existent entre les électrons et les atomes des divers états de la matière. On ne sait presque rien sur la partie de la matière qui s'électrise positivement et sur l'électricité positive elle-même. Mais voici ce qu'on peut considérer comme établi : lorsqu'un électron portant sa charge négative e_m s'accélère de a cm : sec², il rayonne dans l'espace une énergie dont la valeur est

$$J = \frac{2}{3}\frac{e_m^2 a^2}{c} = 2,7 \times 10^{-49} a^2 \text{ erg : sec},$$

c étant la vitesse de propagation des perturbations de l'éther.

Si par un moyen quelconque on change périodiquement le signe de l'accélération, à une fréquence constante comprise entre 4×10^{14} et 8×10^{14}, l'énergie rayonnée comprendra uniquement des radiations lumineuses monochromatiques. Le changement de signe peut s'obtenir soit en renversant la direction du mouvement sur une trajectoire rectiligne en changeant en même temps la vitesse, soit en changeant seulement la direction de la trajectoire et non la vitesse, soit par les deux moyens. Si d'autre part la fréquence des renversements varie dans de larges limites, il y aura des radiations calorifiques obscures, des radiations lumineuses et des radiations ultra-violettes. Dans ce cas une partie seulement de l'énergie rayonnée se transforme en lumière.

L'accélération que peut prendre un électron varie dans de larges limites. Si l'on considère que dans un tube à vide de quelques centimètres de longueur un électron partant du repos peut atteindre une vitesse égale au dixième de celle de la lumière, c'est-à-dire 3×10^9 cm : sec, son accélération doit avoir été au moins

de 2×10^{17} cm : sec². La distribution du potentiel dans ces tubes indiquerait même qu'au voisinage de la cathode l'accélération de l'électron aurait une valeur bien plus grande. Supposons-la cinq fois plus grande, c'est-à-dire $a^2 = 10^{36}$ cm : sec²; l'électron rayonnerait alors $2,7 \times 10^{-13}$ erg : sec ou $2,7 \times 10^{-20}$ watt.

RAYONNEMENT DU CORPS NOIR. — Selon la loi de Stefan-Boltzmann, un corps noir (c'est-à-dire un corps qui absorbe toutes les radiations incidentes et n'en réfléchit ni diffuse aucune) rayonne par centimètre carré de surface, à la température absolue de T degrés, une quantité d'énergie

$$j = 1,71 \times 10^{-5}\,T^4 \text{ erg : sec,}$$
$$= 1,71 \times 10^{-12}\,T^4 \text{ watt.}$$

Ce rayonnement, aux températures suffisamment élevées, est formé d'ondes comprenant toutes les fréquences capables d'exciter le nerf optique, outre une série continue de fréquences situées dans les régions infra-rouge et ultra-violette.

Les filaments de carbone sont généralement considérés comme émettant à peu près le rayonnement du corps noir.

L'énergie rayonnée n'est pas distribuée également parmi les diverses fréquences. Planck a montré que l'énergie rayonnée par centimètre carré entre les longueurs d'onde λ et $\lambda + d\lambda$ peut être représentée par l'équation

$$E = C\lambda^{-5}\,\frac{1}{e^{\frac{k}{\lambda T}} - 1}.$$

Quand la température d'un corps noir s'élève, non seulement l'énergie rayonnée augmente, mais la fréquence prédominante s'élève, c'est-à-dire que la longueur d'onde λ_m pour laquelle l'intensité du rayonnement est la plus grande, décroît. A une température absolue T, on a

$$\lambda_m = \frac{0,2887}{T}\text{ cm.}$$

L'intensité du rayonnement pour ces longueurs d'onde croît aussi comme la cinquième puissance des températures absolues.

Or, si l'on considère un corps noir, un filament de charbon par exemple, comme contenant des électrons libres aussi bien que des atomes et des molécules, alors, à mesure que sa température s'élève, l'énergie cinétique moyenne de chaque électron augmente. Puisque les dimensions géométriques du filament ne sont pas sensiblement modifiées par le changement de température, il est naturel d'admettre que la longueur de la trajectoire libre des électrons n'augmente pas. L'accroissement de l'énergie et par suite de la vitesse des électrons aura donc pour effet d'accroître leurs accélérations et la fréquence de leurs collisions. Ceci explique pourquoi λ_m, lorsque la température s'élève, se déplace dans le sens des valeurs décroissantes et pourquoi en même temps le rayonnement total augmente. Les accélérations qui accompagnent les chocs dont la fréquence est élevée sont nécessairement plus grandes que pour celles dont la fréquence est moindre, c'est pourquoi l'énergie rayonnée est plus grande dans le premier cas que dans le second.

RADIATION SÉLECTIVE. — Les lois du rayonnement du corps noir ne s'appliquent exactement à aucune substance. Hagen et Rubens ont montré comment le pouvoir absorbant et le pouvoir émissif des métaux peuvent se calculer d'après les valeurs de leurs conductibilités électriques. La loi de Kirchhoff, selon laquelle le rapport entre l'émission et l'absorption a la même valeur pour tous les corps, parce qu'il n'est fonction que de la température absolue et de la longueur d'onde, a été expliquée aussi au moyen de la théorie électronique, par Lorentz.

LUMINESCENCE. — A toutes les températures supérieures au zéro absolu, tous les corps rayonnent de l'énergie. Si la nature du corps n'est pas changée par ce rayonnement, c'est-à-dire s'il continue à rayonner de la même manière, tant que sa température est maintenue constante par un apport de chaleur, le phénomène s'appelle *radiation calorifique pure*. Si au contraire le corps est modifié par son rayonnement et ne continue pas indéfiniment à émettre les mêmes radiations quoiqu'on maintienne sa température constante, le phénomène s'appelle *luminescence*. Dans ce dernier cas, certaines des radiations sont dues non à la température du corps, mais à quelque autre source d'énergie. Si l'intensité du rayonnement d'un corps, pour une longueur d'onde quelconque, est plus grande que celle d'un corps noir à la même température, il doit y avoir luminescence. C'est le critérium qu'on emploie souvent pour la déceler. On suppose que les électrons qui donnent lieu à ces radiations luminescentes vibrent harmoniquement, dans des conditions qui ne sont pas encore connues. Les modifications que la luminescence fait subir à la substance peuvent être inappréciables pour l'analyse chimique, mais il n'en est pas moins certain que les systèmes atomiques et moléculaires sont le siège de changements perpétuels dus à des pertes ou à des gains d'électrons. L'entrée d'un électron dans un système, ou sa sortie, doivent occasionner des perturbations harmoniques complexes parmi les électrons de ce système.

Si le rayonnement luminescent est restreint en grande partie aux longueurs d'onde du spectre visible, le rendement lumineux du corps est élevé. C'est ce qui explique qu'on cherche à faire progresser l'art de l'éclairage au moyen du tube à vide et des arcs à flamme.

CONCLUSION. — Malgré tout ce qu'on connaît aujourd'hui sur les dimensions et la masse de l'électron, ses effets électriques et magnétiques pendant le mouvement et ses effets de radiation pendant l'accélération, on ne sait presque rien de sa structure. On admet comme postulat fondamental qu'il peut se déplacer d'une partie à l'autre du milieu stagnant que constitue l'éther, un peu comme un nœud qu'on fait glisser le long d'une corde. (Larmor.)

P. L.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

INFORMATIONS DIVERSES.

Matériaux électrotechniques : LA PRODUCTION DU TUNGSTÈNE AUX ÉTATS-UNIS. — Bien que le principal usage du tungstène soit la fabrication des aciers au tungstène (qui constituent d'ailleurs d'excellents aciers à aimants), l'emploi de ce métal dans la fabrication des nouveaux filaments de lampes à incandescence en fait aujourd'hui un matériau électrotechnique. D'après une estimation faite dernièrement, la production du tungstène aux Etats-Unis a été 106^t en 1902, 203^t en 1903, est montée brusquement à 667^t en 1904 et a atteint 751^t en 1905; la production de 1906 n'est pas encore connue. A Saint-Paul (Minnesota), la Germania Mining C^o s'est tout récemment constituée pour l'exploitation d'un gisement de tungstène; d'autre part, dans l'Arizona, on a découvert depuis peu du tungstène dans des dépôts de sable.

Traction : PROJET DE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE ENTRE VIENNE ET BUDA-PESTH. — Suivant l'*Elektrotechnick und Maschinenbau,* un groupe américain, à la tête duquel se trouve la Detroit Construction C^o, a sollicité une concession pour l'exécution des travaux préliminaires, en vue de l'établissement d'un chemin de fer électrique entre Vienne et Pesth. Ce groupe présente deux projets. D'après le premier, la ligne passerait par Wischegrad, Gran, Komorn, Kleine, Schüttinsel, Presbourg, Theben, Gross-Enzersdorf, elle franchirait le Danube et viendrait aboutir à la Karlsplatz de Vienne par un tunnel souterrain; dans le second projet, on utiliserait les deux petites lignes électriques déjà existantes Budapesth-Gran, Komorn-Presbourg, ainsi que la ligne Vienne-Presbourg, qui doit être incessamment construite. Le gouvernement hongrois s'est prononcé déjà en faveur du premier projet, d'après lequel la ligne aurait un développement total de 280^{km} et pourrait être franchie par les trains en 2 heures. La ligne comporterait deux voies, et même quatre entre certaines des localités desservies.

Télégraphie : LIGNE DIRECTE BUDAPEST-CONSTANTINOPLE. — Les Administrations de Hongrie, de Serbie, de Bulgarie et de Turquie ont établi en commun et ouvert au Service international, le 16 août, un fil direct Budapest-Constantinople.

CABLE SOUS-MARIN NEW-YORK-COLON. — Ce câble vient d'être ouvert au trafic.

NOUVEAU VAPEUR JAPONAIS POUR LA POSE DES CABLES. — Le Japon possédait deux navires destinés à la pose des câbles, tous deux de construction étrangère. Un troisième navire, l'*Ogasawara-Maku,* vient d'être construit à Nagasaki, d'après les plans des professeurs Shiba et Suyehiro. Ce bateau, en acier, de 1455 tonneaux, à deux hélices, a 72^m de long, 10^{m}20 de large et 6^m,60 de profondeur; il est divisé en cinq compartiments étanches. La machine a une puissance de 20000 chevaux. Il y a trois cuves à câbles, ayant respectivement 6^m,2, 7^m et 8^m de diamètre, pouvant contenir ensemble 600^{km} de câbles pour grandes profondeurs.

Télégraphie sans fil : STATISTIQUE DES STATIONS DU SYSTÈME TELEFUNKEN. — D'après l'*Elektrotechnische Anzeiger*, sur un total de 1550 stations radiotélégraphiques fixes et mobiles existant actuellement par le monde, 641 sont équipées avec le système Telefunken. Les postes fixes, au nombre de 174, ont, pour la plupart, une portée de 200^{km}; certains d'entre eux peuvent transmettre de 500^{km} à 700^{km}, et même la grande station d'essai de Nauen, près Berlin, a une portée de 3000^{km}. Les postes fixes sont distribués comme il suit : 36 en Allemagne, particulièrement sur les côtes de la Baltique et de la mer du Nord; 20 aux Etats-Unis, notamment à Fire Island, Washington, la Nouvelle-Orléans, San Francisco et San Juan de Porto-Rico; 17 en Russie, dont la station de Vladivostok, d'une portée de 1000^{km}; 10 en Autriche; 7 en Danemark et 7 également en Espagne; 6 en Hollande, dont la station de Scheveningen d'une portée de 700^{km}; 5 en Norvège; 5 également en Suède; 4 dans l'Argentine; 6 au Brésil; 5 en Chine; 8 à Cuba; 5 au Mexique; 2 dans l'archipel des Philippines; 1 à Honolulu, etc.

Quant aux stations flottantes, on en compte 22 à bord de navires de commerce allemands et hollandais, et 389 sur des vaisseaux de guerre, savoir : Allemagne, 140; Russie, 126; États-Unis, 43; Suède, 19; Autriche-Hongrie, 7; Hollande, 10; Norvège, 8; Argentine, 6, Danemark, Espagne et Brésil, chacun 5; Grèce, 3, etc.

Enfin, la Société Telefunken a déjà construit 54 postes mobiles complets destinés à la radiotélégraphie militaire, dont 14 pour l'Allemagne, 8 pour les Etats-Unis, 6 pour la Chine, 4 pour l'Angleterre, 4 également pour l'Autriche-Hongrie, etc.

Expositions : EXPOSITION FRANCO-BRITANNIQUE; LONDRES, MAI 1908. — Une Exposition universelle, exclusivement franco-britannique, s'ouvrira à Londres en mai 1908 pour une durée de 6 mois. L'organisation de la partie française de cette Exposition est confiée, par le Gouvernement, au Comité français des Expositions à l'étranger. L'Électricité forme le groupe V, comprenant quatre classes : les classes 23 (Production et utilisation mécanique de l'Électricité), 24 (Électrochimie), 25 (Éclairage électrique), 26 (Télégraphie et Téléphonie), 27 (Applications diverses de l'Électricité), et, en outre, une partie de la classe 15 (Instruments de précision). A part cette addition d'une fraction de la classe 15, la classification adoptée est celle de l'Exposition universelle de 1900.



Tome VIII. N° 90. — 30 septembre 1907.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS.

Machines compensatrices et dynamos pour réseaux à trois conducteurs, par FRANKENFIELD (*Elektrotechnick und Maschinenbau*, t. XXV, 18 août 1907, p. 640). — Les machines dynamos pour réseaux à trois fils d'Hopkinson, Dobrowolsky, Lamme, Osanna ont toutes le grave défaut d'une très mauvaise régulation. Dettmar et Rothert ont construit des machines dans lesquelles chaque pôle est séparé en deux parties, munies chacune d'un enroulement d'excitation, le réglage de la tension est obtenu par un compoundage convenable de chacun de ces pôles.

Dans la marche en parallèle de machines à trois conducteurs, il est indispensable d'ajouter des machines compensatrices. Il est donc préférable de n'employer que ce type de machines avec des génératrices ordinaires; l'installation est beaucoup plus simple, plus facile à surveiller et d'un fonctionnement beaucoup plus certain.

La puissance des compensatrices est, en général, de 10 à 20 pour 100 de la puissance des génératrices. On peut aussi bien employer un simple réglage à la main qu'un réglage automatique.

L'auteur résume comme suit les avantages des compensatrices :

1° Les machines à trois conducteurs ne peuvent maintenir la même tension sur les deux circuits, ce qu'il est possible d'obtenir avec les compensatrices;

2° Le réglage de la compensatrice peut être automatique;

3° Le système possède une grande capacité de surcharge;

4° Les machines pour système à trois conducteurs sont de construction spéciale, les compensatrices sont, au contraire, des machines de construction normale;

5° L'installation est plus simple;

6° Fonctionnement plus facile de deux réseaux en parallèle;

7° Un seul ampèremètre est nécessaire;

8° Les compensatrices peuvent supporter de grandes oscillations de charge. E. B.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

GÉNÉRALITÉS.

L'amélioration des facteurs de puissance au moyen des moteurs synchrones (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 18 août 1907, p. 641). — La faible valeur des facteurs de puissance a pour effets : 1° une diminution de la puissance disponible ainsi que de la capacité de surcharge; 2° un plus mauvais réglage de la tension pour de grandes variations de vitesse, qui est trois fois plus mauvais pour $\cos\varphi = 0{,}8$ que pour $\cos\varphi = 1$; les générateurs fonctionnant en charge non ou peu inductrices supportent par conséquent plus facilement des changements de vitesse.

Pour compenser le décalage de phase on utilise des moteurs synchrones surexcités qui agissent comme des condensateurs et suppriment le décalage du courant. Les moteurs peuvent être de dimensions réduites si l'on a soin de les faire tourner à grande vitesse et de les saturer de façon convenable.

La tension peut être variée à l'aide d'un régulateur Tirill.

La puissance des moteurs synchrones en kilovoltampères pour l'amélioration de $\cos\varphi$ est donné par le Tableau ci-dessous pour chaque 100 kilowatts de machine.

Facteur de puissance p. 100.	100 p. 100.	98 p. 100.	95 p. 100.	90 p. 100.	85 p. 100.	80 p. 100.	70 p. 100.	60 p. 100.
98	20	»	»	»	»	»	»	»
95	35	13	»	»	»	»	»	»
90	48	28	16	»	»	»	»	»
85	62	41	29	13	»	»	»	»
80	75	55	42	26	13	»	»	»
75	86	68	55	40	26	13	»	»
70	102	82	69	52	40	27	»	»
65	117	97	84	68	55	42	15	»
60	133	113	100	85	71	58	31	»
50	171	153	140	125	111	98	71	38
30	318	298	285	270	256	263	216	185
10	995	976	962	947	933	893	893	862

Par exemple, pour amener le facteur de puissance de 70 à 90 pour 100, suivre la ligne horizontale 70 pour 100 jusqu'à la rencontre avec la colonne 90 pour 100 on trouve le nombre 52; il faut donc 52 chevaux de moteurs synchrones par 100 chevaux de puissance pour amener le facteur de puissance de 0,70 à 0,90.

E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Commutateurs : Abel et Pervesler. BP. 28795, 1906. — Appleby. USAP. 855494, 3 avril 1905. — Baehr. USAP. 854015, 3 nov. 1906 (commutateur à temps). — Bould. BP. 14911, 1906 (joints commutateurs). — Braemecker (de). BF. 377639, 25 fév. 1907 (appareils de commande de courants). — Brown. USAP. 853220, 20 fév. 1905. — Clark. USAP. 859200 (poigné de commutateur). — Curtis et Adams. BP. 17742, 1906. — Eckstein, Heap et Mellis. BP. 19005, 1906. — Eldridge. USAP. 860360, 27 juil. 1906. — Electric Ignition Cy et Hall. BP. 20201, 1906. — Feuchtmeyer et Könitzer. DRP. 187454, 18 sept. 1906 (commutateur pour courants forts et faibles). — Fricker. BP. 1459, 1906. — General Electric Cy. BP. 13221 et 15316, 1906. — Genor. USAP. 861105 (base avec projections pour recevoir les plots de commutateurs). — Gibaud. BP. 21008, 1906. — Gilmore. USAP. 853922, 18 sept. 1905. — Gminder. USAP. 853688, 26 août 1905 (commutateur à commande électrique). — Hartmann et Braun A.-G. DRP. 186634, 4 déc. 1906 (borne de commutateur). — Haubrich. USAP. 857621, 28 sept. 1904. — Hirst et Harrison. BP. 21053, 1906. — Jackson. BP. 4000, 1906. — Jones. BP. 15428, 1906. — Kallmann. BP. 14058, 1906. — Kelley. BP. 8231, 1907. — Korns. BP. 530, 1906. — Lungberg et Lungberg. BF. 377626, 10 mai 1907; BP. 25143, 1906. — Meyer (Société Dr Paul). BF. 375973, 22 mars 1907 (verrouillage de boîtes à commutateurs). — Oprendek et Pollak. BP. 11667, 1906. — Richemond et Cie. BP. 18905, 1906 (commutateur pour ascenseurs). — Ryan. USAP. 859694 (commutateur de sûreté automatique). — Sautter, Harlé et Cie. BF. 376060, 23 mars 1907 (inverseur). — Scott. USAP. 854436, 26 mai 1904. — Siemens-Schuckertwerke. DRP. 187398, 25 sept. 1906 (commutateur tournant). — Siegfried. USAP. 856429, 3 janv. 1905. — Tucker. BP. 14006, 1906. — Veritys Ldt et M. Dalziel (Société). BF. 376580, 10 avril 1907. — Weman. BP. 18889, 1906. — Wengelin. BP. 13969, 1906 (commutateur à temps). — White. USAP. 861239, 12 mai 1906 (commutateur tournant). — Wright. BP. 16263, 1906.

Coupe-circuits et fusibles : Boehm. DRP. 187396, 25 mai 1906 (fusible). — Brown, Boveri et Cie. BP. 543, 1907 (coupe-circuit). — Buchanan. USAP. 853296 et 854327, 22 août 1904 et 14 sept. 1906 (fusible enfermé). — Cole. USAP. 856393, 10 déc. 1906 (fusible). — Davis. USAP. 859547, 27 oct. 1905 (fusible de sûreté enfermé). — Dempster. USAP. 854723 et 854724, 7 nov. 1904 (coupe-circuit fusible). — Dowell (Mac). USAP. 853990, 26 mai 1905 (coupe-circuit automatique). — Eastman. USAP. 860907, 2 juin 1906 (coupe-circuit automatique). — Marshall. USAP. 854751, 26 juin 1905 (coupe-circuit). — Matzka et Temmermann. BP. 25509, 1906 (bouchon fusible). — Mally (Mac). USAP. 856085 (coupe-circuit électro mécanique). — Oprendek. USAP. 860606, 12 sept. 1905 (fusible enroulé sur bobine). — Phelps. USAP. 856292, 4 mai 1903 (fusible enfermé). — Rucker. USAP. 856425, 22 sept. 1904 (coupe-circuit). — Schultz. BP. 3522, 1906 (indicateur de fusion des plombs).

Dispositifs de protection divers : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 187042, 21 sept. 1906 (dispositif de sûreté pour trop haute tension). — Cook. USAP. 860016 (isolateur avec fusible enfermé pour protéger les sous-stations). — Nolen. USAP. 860605, 17 sept. 1904 (dispositif de protection contre l'incendie associé à un commutateur à temps). — Robinson et Walker. BP. 21290, 1906 (dispositif pour empêcher les courts-circuits). — Siemens-Schuckertwerke. DRP. 187080, 21 nov. 1905 (dispositif contre les surtensions). — Stone. USAP. 853655, 12 oct. 1904 (dispositif de protection pour feeders en parallèle).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE DES MACHINES-OUTILS.

Bien que la commande électrique des machines-outils ait été substituée à la commande mécanique dans de nombreux ateliers et qu'elle soit à peu près exclusivement employée dans les ateliers d'installation récente cette application de l'électricité est encore souvent l'objet de travaux et des discussions dans la presse technique. Dans ce qui suit, nous nous proposons de résumer les travaux les plus importants publiés dans ces dernières années.

Avantages de la commande électrique. — La commande électrique des machines-outils, soit par groupes, soit individuellement, présente des avantages qui ne sont plus guère discutés aujourd'hui. Nous les résumons d'après un rapport présenté par l'American Railway Master Mechanic's Association et reproduit dans *Cassier's Magazine* (avril 1901).

Dans une comparaison entre la commande électrique et la commande exclusivement mécanique, les principaux points à examiner sont les suivants :

1° Prix de revient de la puissance motrice;

2° Facilités d'installation et d'exploitation;

3° Influence sur les frais de main-d'œuvre et la production de l'atelier.

I. Prix de revient de la puissance motrice. — On ne considère ici que les frais d'exploitation des deux systèmes comparés, frais comprenant les dépenses de combustible, de main-d'œuvre, de réparations, l'intérêt et l'amortissement du capital engagé.

Rendement. — Pour comparer le rendement de la transmission électrique à celui de la transmission mécanique, il y a lieu de considérer deux types d'ateliers :

1° *Ateliers où tous les bâtiments reçoivent la puissance motrice d'une installation centrale.* — La transmission entre la machine motrice et les outils peut s'effectuer de diverses manières; nous considérerons les deux procédés extrêmes : *a*, transmission par arbres et courroies; *b*, commande individuelle de chaque outil. Le rendement d'une transmission exclusivement mécanique entre la machine à vapeur et les outils est d'environ 50 pour 100 dans un atelier de construction, comme on le verra plus loin. Si l'on se sert de la transmission électrique, la condition *a* consistera à diviser les outils en plusieurs groupes et à actionner chacun de ces groupes par un moteur électrique. Les pertes dans les transmissions seront ainsi bien moindres que dans le cas précédent; elles ne dépasseront pas 20 pour 100 de la puissance produite, le rendement des transmissions sera donc 80 pour 100. Quant au rendement combiné des machines électriques (dynamo actionnée par la machine à vapeur et moteur actionnant l'arbre de transmission), il peut s'évaluer à 65 pour 100. Le rendement total de la transmission sera donc $0,8 \times 0,65$ ou 52 pour 100, c'est-à-dire sensiblement égal à celui de la transmission purement mécanique.

Si l'on adopte la condition *b*, les transmissions par arbres seront très réduites (on peut même les supprimer complètement avec les moteurs électriques à grande variation de vitesse et la commande directe par engrenages); le rendement journalier moyen des moteurs pourra aussi être meilleur, chaque moteur ne fonctionnant que pendant la durée d'activité de la machine qu'il commande. Soit, par exemple, 90 pour 100 le rendement des transmissions et 66 pour 100 le rendement électrique; le rendement total sera de 60 pour 100, ce qui montre un petit avantage en faveur de cette méthode.

2° *Ateliers où chaque bâtiment possède son installation de puissance motrice.* — Si l'on compare ce système à celui d'une installation centrale distribuant l'énergie sous forme électrique à tous les bâtiments, on constate que la transmission électrique fera réaliser une double économie de combustible : l'une, assez faible, venant de ce que chaque bâtiment exigera moins de puissance, comme il a été dit plus haut; l'autre, très considérable, due au rendement meilleur d'une installation unique et puissante. Ainsi, dans les cas où de grandes machines à condensation remplacent de petites machines à échappement à l'air libre, et lorsque la charge est assez uniforme, la consommation de combustible peut être réduite d'un tiers.

Personnel. — Le personnel comprend, d'une part, les chauffeurs et mécaniciens, d'autre part, les ouvriers chargés de l'entretien des arbres et des courroies de transmission et des réparations aux machines électriques. L'emploi de la transmission électrique concentre l'installation des chaudières et des machines à vapeur, élimine les gros arbres et les grosses courroies et, par là, diminue à peu près de moitié les frais de main-d'œuvre, mais d'autre part il les accroît par l'entretien des machines électriques. En définitive, les frais personnel ne seront pas sensiblement modifiés.

Réparations. — Il est difficile d'avoir des données exactes sur les frais occasionnés par les réparations des arbres et des courroies, mais l'examen des livres d'un grand atelier a montré que la commande électrique fait réaliser sur ces frais une économie plus que suffisante pour couvrir les dépenses de réparation aux moteurs et aux canalisations.

Intérêt et amortissement du capital immobilisé. — Il est assez difficile de comparer exactement les frais de premier établissement d'une installation à commande électrique et d'une installation à commande mécanique. Si, dans un atelier donné, on opère une simple substitution de la transmission électrique à la commande mécanique, en conservant la même installation de force motrice et sans modifier le nombre et la disposition des outils, la commande électrique entraînera des frais à peu près doubles de ceux de la commande mécanique. Mais ce cas d'une substitution pure et simple d'un système de transmission à un autre, sans aucune autre modification, ne se présente jamais : l'adoption de la transmission électrique s'accompagne toujours de l'installation de nouveaux services et de nouveaux appareils (éclairage, machines de levage, etc.) qui augmentent les frais de premier établissement mais par contre réduisent beaucoup les frais d'exploitation.

Facilités d'exploitation; influence sur la production de l'atelier. — Avec la commande mécanique, il faut conformer la disposition des bâtiments et des machines aux règles à observer pour le bon établissement des transmissions. La machine motrice doit être reliée aux arbres d'une façon aussi directe et aussi simple que possible; les machines-outils doivent être disposées en lignes parallèles, le plus près possible les unes des autres, les outils les plus puissants placés le plus près de la machine motrice; les plafonds et les piliers doivent être établis spécialement en vue du support des arbres. En un mot, les outils doivent être installés en vue de la commande à leur appliquer, et non en vue de la bonne exécution du travail. Le transport des pièces doit se faire en grande partie à bras d'homme, car s'il est vrai qu'il existe des appareils de manutention actionnés par d'autres agents que l'électricité, il faut reconnaître que leurs applications pratiques sont limitées. La transmission électrique laisse l'emplacement des machines entièrement arbitraire et l'on peut établir le plan de chaque atelier en vue de l'économie de main-d'œuvre et de la facilité d'accès aux outils; ceux-ci peuvent même être transportés d'un point à l'autre selon les besoins du travail. En outre, l'absence partielle ou totale d'arbres et de courroies favorise l'éclairage et par suite la propreté. La partie supérieure de l'atelier, entièrement dégagée, permet d'employer partout les ponts roulants, qui font réaliser une grande économie de temps et de main-d'œuvre.

Facilités d'extension. — Dans un atelier mû par transmission mécanique, l'agrandissement des bâtiments ou l'accroissement de l'outillage ne vont pas sans de sérieuses difficultés. Les modifications de ce genre aboutissent généralement à entasser les outils de la façon la plus incommode, et à surcharger ou à compliquer les transmissions, ce qui suffit à expliquer les faibles rendements qu'on leur trouve souvent. La transmission électrique, au contraire, donne à l'atelier une grande souplesse d'accommodement aux extensions; on peut construire de nouveaux bâtiments et ajouter de nouvelles commandes sans affecter ce qui existe déjà.

Réglage de la vitesse. — On construit aujourd'hui des moteurs élecctriques dont la vitesse peut varier dans de larges limites; c'est un précieux avantage qui permet de régler à tout instant la vitesse de l'outil selon le genre de travail qu'il exécute, sans arrêter sa marche et par une manœuvre beaucoup plus simple que les déplacements de courroies ou d'engrenages. Mais ce point s'applique spécialement au système de la commande individuelle et sera examiné plus loin.

Accroissement de la production. — L'accroissement de production dû à la commande électrique résulte de tous les faits qu'on vient d'exposer : les appareils électriques de manutention permettent la mise en place des pièces à travailler avec une grande économie de temps et de main-d'œuvre, la disposition et l'éclairage des machines sont meilleurs, et, dans le cas de la commande individuelle, la capacité de production de chaque outil est augmentée par le parfait réglage de vitesse que permet ce système. C'est cet accroissement de production qui constitue le plus grand avantage de la commande électrique aux yeux des industriels.

Avantages divers. — Enfin, la commande électrique présente encore quelques avantages moins directs qu'il est bon de signaler :

1° L'emploi de la commande électrique conduit naturellement à installer l'éclairage électrique dans les ateliers. L'unification des deux services d'éclairage et de force motrice produit une notable économie.

2° On peut facilement contrôler la marche des outils actionnés électriquement par la simple lecture d'un ampèremètre intercalé dans le circuit d'alimentation de leur moteur. On peut aussi, au moyen de compteurs, totaliser l'énergie observée dans une période donnée par tel outil ou groupe d'outils ou par l'atelier tout entier. Il n'y a que la commande électrique qui permette d'obtenir ces utiles renseignements avec facilité et exactitude.

3° Par la suppression partielle ou totale des courroies, la commande électrique élimine une grande partie des accidents du travail. Lorsqu'un accident se produit, on peut d'ailleurs en coupant le courant arrêter presque instantanément le moteur.

SUBSTITUTION DE LA COMMANDE ÉLECTRIQUE A LA COMMANDE MÉCANIQUE. — Le plan de l'étude à faire par l'industriel qui projette de substituer la commande électrique à la commande mécanique dans ses ateliers est indiqué par M. Louis BELL (*Engineering Magazine*, mai 1897) sous la forme du questionnaire suivant :

1° Quelle est la puissance moyenne dont on doit pouvoir disposer à la transmission principale?

2° Quel est le prix de revient annuel de l'énergie?

3° L'achat ou la production de l'énergie sous forme électrique fera-t-il réaliser une économie sur le système actuel?

4° Quelle est la puissance dissipée dans les arbres et les courroies? (On fera ces mesures au moyen d'un moteur électrique.)

5° Quelle est la production d'énergie par jour moyen?

6° Quelles sont la puissance moyenne et la puissance maxima exigées par chaque machine? (Cette détermination se fera aussi à l'aide d'un moteur électrique.)

7° Quel est le coefficient d'activité de chaque machine (rapport de la durée de son activité à la durée d'activité de l'atelier)?

Ces recherches détermineront l'économie approximative que fera réaliser la commande électrique. Pour l'installation des moteurs, les règles générales suivantes seront utiles :

1° Supprimer les longs arbres de transmission.

2° Supprimer les courroies obliques.

3° Actionner par un moteur unique un groupe de machines travaillant à charge à peu près constante.

4° Actionner par moteurs individuels les machines puissantes et à travail intermittent.

Mais la question des avantages comparés de la commande par groupes et de la commande par moteurs individuels est fort controversée. C'est celle que nous allons étudier maintenant.

Commande par groupe et commande individuelle. — Les distributions électriques dans les ateliers par moteurs individuels se sont aujourd'hui assez généralisées pour qu'on puisse en tirer des données exactes. Dans une Communication présentée à l'*American Institute of Electrical Engineers*, en février 1903, M. R.-T. LOZIER examine les avantages de ce système.

L'exploitation des ateliers industriels a montré que si l'ensemble des outils d'un atelier exige une puissance maxima de 100 chevaux par exemple, il faudra au moins 100 chevaux de plus pour transmettre cette puissance effective par arbres et courroies. Que la puissance effective mise en jeu diminue ou non, cette perte de 100 chevaux restera constante. Il faudra donc produire 200 chevaux. Mais si ces mêmes outils sont commandés par moteurs individuels, les transmissions n'absorberont plus que 43 chevaux au lieu de 100, même lorsque tous les outils seront en marche. On constate d'ailleurs que dans la plupart des ateliers industriels, tous les outils ne sont pas en marche ensemble, et, parmi ceux qui marchent, tous ne fournissent pas leur puissance normale, car ils travaillent à une vitesse inférieure à leur vitesse maxima.

La pratique a montré que, dans les ateliers, la puissance effective moyenne n'est ordinairement que 30 pour 100 de la puissance effective totale qui est nécessaire pour faire travailler tous les outils à pleine charge. Ce taux pour 100 est ce qu'on appelle le *facteur de charge*.

On a reconnu que dans un atelier ordinaire, dont les machines-outils sont actionnées par arbres et courroies, le prix de revient de l'énergie peut monter à 2 pour 100 du prix de revient des produits manufacturés par l'atelier. Si les outils sont divisés en plusieurs groupes actionnés chacun par un moteur, ce rapport peut être évalué à 1 pour 100, et, avec la commande par moteurs individuels, il peut s'abaisser jusqu'à 0,4 pour 100.

Admettons que, dans un atelier mécanique ordinaire, 60 pour 100 des moteurs installés doivent pouvoir fonctionner à vitesse variable. Ces moteurs auront alors une puissance nominale beaucoup plus grande que la puissance moyenne qu'ils auront à fournir. Admettons que la puissance nominale des autres moteurs représente la puissance exacte qu'ils développeront, hypothèse justifiée puisque la vitesse de ces moteurs est constante. Si l'on additionne la puissance nominale des moteurs à vitesse variable et celle des moteurs à vitesse constante, on peut représenter par 35 pour 100 du total la puissance moyenne que tous ces moteurs devront fournir, s'ils marchent tous en même temps. Cette puissance moyenne dépend naturellement de la proportion des moteurs à vitesse variable dans l'installation totale. Si l'on applique maintenant le facteur de charge de 30 pour 100, calculé pour tenir compte de l'arrêt d'une partie des outils et de la réduction de vitesse de certains autres, on constate que la puissance moyenne à fournir par le matériel électrogène n'est que 10,5 pour 100 de la puissance nominale totale des moteurs installés. Il est vrai que 60 pour 100 des moteurs ont une puis-

sance nominale très supérieure à la puissance réellement nécessaire; néanmoins une valeur si faible de la puissance à fournir à l'ensemble est une preuve du remarquable rendement du système. On ne peut toutefois réduire à 10,5 pour 100 du total la puissance du matériel électrogène, puisqu'il faut pouvoir fournir la puissance maxima pratiquement exigible, mais, grâce à l'excellent rendement du système, on peut se donner une marge de puissance de 100 à 200 pour 100 au-dessus des conditions moyennes et s'assurer en même temps par là même le matériel de secours nécessaire. Ainsi augmentée, la puissance du matériel générateur est encore moindre qu'elle ne le serait dans le cas du système à commandes par courroies, même prévu pour les conditions moyennes seulement et sans matériel de secours.

En ce qui concerne les frais de premier établissement du matériel électrogène, la commande des machines-outils par moteurs individuels a donc un avantage marqué. Mais ce n'est pas le seul point de vue à considérer. L'installation d'un grand nombre de moteurs électriques, la plupart de faible puissance, est évidemment beaucoup plus onéreuse que celle d'un petit nombre de moteurs de puissance moyenne; en outre les petits moteurs ont un rendement médiocre. Aussi certains ingénieurs ont-ils proposé de limiter à 3 ou 3,5 chevaux la puissance des moteurs électriques d'atelier, et de commander par groupes les outils absorbant une puissance moindre. Mais M. S. Kimball, dans *The Sibley Journal of Engineering* (décembre 1904) propose une règle économique qui paraît plus rationnelle. Suivant lui il y aura lieu de faire les frais d'un moteur individuel pour une machine donnée, si ce système permet de faire produire davantage la machine, de sorte que le gain réalisé par cette production supplémentaire compense les frais d'installation du moteur et de ses accessoires. La commande par groupes oblige en effet à actionner les machines par courroies, ce qui ne permet guère de les pousser jusqu'à leur limite d'utilisation. Si l'on veut employer les outils à coupe rapide, il faudra donc adapter à la machine un moteur individuel l'actionnant directement par engrenages. On perdrait dans ce cas le bénéfice de la commande individuelle en employant l'intermédiaire d'un arbre de renvoi actionné par courroie.

Mais la commande individuelle a d'autres avantages que l'augmentation de production des machines, comme l'a montré M. de Marchena dans sa Communication à la Société des Ingénieurs civils (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 15 mars 1903).

Il faut citer en premier lieu l'indépendance complète des machines entre elles : chacune constitue, avec son moteur, une unité entièrement indépendante spécialement appropriée au travail à exécuter. L'espace offert peut être beaucoup mieux utilisé qu'avec le système des transmissions, les bâtiments peuvent être construits de manière à assurer un éclairage et une ventilation meilleurs; tout l'espace au-dessus des machines est disponible pour les ponts roulants. Chaque machine, n'étant plus tributaire d'une transmission fixe, peut se déplacer facilement; on peut ainsi modifier à volonté la répartition des machines dans l'atelier, si les besoins de la fabrication l'exigent; on peut aussi créer des types de machines-outils véritablement transportables, qu'on amène au voisinage des pièces à fabriquer, au lieu d'avoir à déplacer ces dernières. On évite ainsi la manutention de pièces dont les dimensions et le poids rendraient toute manœuvre très difficile; on peut en outre mettre en service plusieurs outils à la fois sur une même pièce. Beaucoup d'outils peuvent même devenir tout à fait portatifs : perceuses, machines à meuler, à affûter, à fraiser, commandées directement par le moteur électrique ou indirectement par flexibles ou tiges articulées.

Au point de vue du rendement, on trouve souvent aussi la commande individuelle supérieure à la commande par groupes. Il est vrai que dans le premier système les moteurs sont de plus faible puissance et ont, par suite, un moins bon rendement, mais d'autre part les transmissions mécaniques, qui absorbent, comme on l'a vu, une puissance considérable, sont entièrement supprimées. En outre et surtout, chaque moteur ne fonctionne que pendant que la machine-outil qu'il actionne est en service, ce qui proportionne exactement la consommation d'énergie au travail produit. L'économie ainsi réalisée est considérable. M. Hillairet a étudié cette question dans un Mémoire sur les *Transmissions électriques dans les ateliers,* paru dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement,* en avril 1895.

Si T_u est la puissance fournie sur l'arbre de commande d'une machine opératoire, c'est-à-dire sur l'arbre qui porte le débrayage, quand celle-ci fonctionne utilement; si T_m est le travail moteur correspondant fourni par la machine motrice à la transmission, le rendement mécanique ρ de celle-ci sera

$$\rho = \frac{T_u}{T_m}.$$

Si le coefficient d'activité de cette machine opératoire est $\frac{1}{K}$ à la fin d'une journée ou de tel temps qu'il conviendra de prendre pour unité, le travail réellement recueilli par la machine opératoire sera

représenté par

$$\frac{1}{K}T_u = \frac{1}{K}\rho T_m.$$

Si l'on admet que la transmission en question donne la même perte constante en charge et à vide, la machine motrice aura fourni pendant le reste du temps, soit $1 - \frac{1}{K}$ du temps total considéré, un travail représenté par

$$\left(1 - \frac{1}{K}\right)(1 - \rho)T_m.$$

Le rendement vrai R de cet ensemble aura en conséquence pour expression :

$$R = \frac{\frac{1}{K}\rho T_m}{\frac{1}{K}T_m + \left(1 - \frac{1}{K}\right)(1-\rho)T_m} = \frac{\rho}{1 + (K-1)(1-\rho)}.$$

Admettons, par exemple, qu'il s'agisse d'une transmission bien établie et qu'on ait $\rho = 0,7$, ce qui est une valeur élevée; faisons $\frac{1}{K} = \frac{1}{2}$, valeur qui s'applique à certaines machines des ateliers de construction sur lesquelles le montage et le démontage des pièces prennent la moitié du temps. Nous aurons :

$$R = \frac{0,7}{1 + (2-1)0,3} = 0,53.$$

Pour comparer les dépenses d'énergie dans le cas de la commande individuelle et le cas de la commande par groupe, l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft a fait des essais très précis que nous résumerons d'après M. de Marchena.

Ces essais ont porté sur un atelier comprenant : 4 tours de 250mm de hauteur de pointes, 3 tours-revolver, 7 machines à percer, 1 étau limeur, 1 machine à fraiser.

La transmission actionnant ces machines était relativement très courte et l'atelier était affecté à la fabrication de pièces en série, conditions favorables à la commande par groupe. Les observations faites pendant une semaine entière, la commande par groupe étant appliquée, donnèrent les résultats suivants :

1° La proportion moyenne de machines en marche simultanément, c'est-à-dire le coefficient d'activité moyen $\frac{1}{K}$, ne dépassait pas 0,60.

2° La moyenne durant la semaine de la consommation journalière d'énergie s'élevait à 57,7 kilowatts-heures.

On affecta ensuite à chaque machine un moteur spécial et l'on refit les essais. Les moteurs, au lieu d'être accouplés directement aux machines, les actionnaient par l'intermédiaire de renvois établis au plafond, disposition peu favorable à la commande individuelle, comme il a été dit plus haut. Néanmoins, la consommation d'énergie fut inférieure pour chaque jour de la semaine à celle constatée auparavant et, pour la moyenne de la semaine entière, elle s'abaissa à 51 kilowatts-heures par jour, c'est-à-dire à 88 pour 100 de la valeur trouvée dans le premier cas.

Au point de vue de la puissance maxima absorbée, la commande par groupe présentait un léger avantage lorsque tous les outils étaient en service. Mais dans les conditions moyennes d'activité de l'atelier, la commande individuelle donnait au contraire un avantage de 12 à 15 pour 100. Les machines-outils étaient cependant de dimensions modérées, absorbant des puissances comprises entre $\frac{1}{4}$ de cheval et 2 chevaux.

Dans une Communication à l'Institution of electrical Engineers (7 mai 1903) sur les applications de l'électricité dans les chantiers maritimes et les ateliers, M. A.-D. WILLIAMSON arrive à des conclusions du même ordre. Il considère l'exemple suivant : un ensemble de dix tours, chacun de 45cm de hauteur de pointes, pour lesquels il compare trois modes de commande :

1° Par un moteur de 40 chevaux effectifs et un arbre de transmission long de 36m;

2° Par dix moteurs de 5 chevaux, à vitesse constante, avec commande par courroies et cônes de poulies;

3° Par dix moteurs de 5 chevaux, à vitesse variable, fixés sur les poupées des tours; pas de courroies.

La Table ci-dessous indique pour ces trois systèmes les frais de premier établissement et les pertes à pleine charge :

	Prix de la commande.	Pertes dans les arbres et courroies.	Pertes dans les moteurs.	Pertes totales.
1° Moteur de 40 chx. Machines disposées en 2 rangées de 5...	fr 10250	chx 4	chx 4	chx 8
2° 10 moteurs de 5 chx (vitesse constante).	14400	2	7,5	9,5
3° 10 moteurs de 5 chx (vit. 300 à 900 tours).	17000	»	7,5	7,5

Ainsi, dans le cas du moteur de 40 chevaux, il y a une perte constante d'environ 4 chevaux dans l'arbre et les courroies, même lorsque aucun tour ne travaille. Dans les deux autres cas, il n'y a pas de dépense d'énergie quand les tours ne travaillent pas. Lorsque cinq tours sur dix travaillent, la comparaison s'établit comme suit :

	Pertes dans l'arbre et les courroies.	Pertes dans les moteurs.	Pertes totales.
	chx	chx	chx
Moteur de 40 chx	3	3	6
10 moteurs de 5 chx (vitesse constante)...	1	3,75	4,75
10 moteurs de 5 chx (vitesse variable)....	»	3,75	3,75

Entre les deux systèmes de commande individuelle, c'est celui des moteurs à vitesse variable qu'il faut préférer, car il permet seul de tirer de la commande électrique tous ses avantages en supprimant toutes les transmissions, comme on l'a dit plus haut. L'auteur compare alors ce système à celui du moteur unique de 40 chevaux, et en se basant sur l'hypothèse que huit des dix tours sont en marche ensemble, il trouve que les deux systèmes s'équivalent à peu près au point de vue de la consommation d'énergie. Mais pour les heures de travail supplémentaires, lorsque une ou deux machines seulement sont en activité, le système de la commande individuelle est beaucoup plus économique.

Un troisième et grand avantage de la commande individuelle, c'est la facilité avec laquelle chaque ouvrier peut régler la vitesse de sa machine. La concurrence obligeant aujourd'hui à pousser chaque outil à la limite de sa production, il faut pouvoir maintenir constamment la vitesse de coupe à la valeur la plus grande possible. Avec les changements de vitesse mécaniques, qui obligent à interrompre le travail et dont la manœuvre est assez pénible pour les fortes machines, l'ouvrier se tient presque toujours au-dessous de la vitesse qu'il pourrait prendre. Au contraire, avec la commande individuelle, le simple déplacement d'une manette à portée de sa main lui permet la mise en marche, l'arrêt, le réglage précis de la vitesse de sa machine qu'il peut ainsi maintenir constamment à l'allure la plus favorable à son genre de travail. C'est dans ces conditions qu'on peut tirer des outils à coupe rapide tout le bénéfice qu'ils peuvent donner, d'où un accroissement considérable de la production.

Il y a donc lieu, comme le dit M. de Marchena, de préférer la commande individuelle :

1° Lorsque l'indépendance complète des diverses machines offre des avantages marqués, surtout lorsque le travail des machines est entrecoupé de périodes d'inactivité importantes;

2° Quand les pièces à usiner sont d'un poids considérable, faisant désirer d'en effectuer la manutention par des procédés entièrement mécaniques;

3° Quand il y a avantage à réaliser des variations continues de vitesse;

4° Quand les machines à actionner sont de moyenne ou grande puissance (par exemple de puissance égale ou supérieure à 2 ou 3 chevaux).

Ces circonstances se trouvent tout particulièrement réunies dans les ateliers de grosse mécanique, dans les ateliers de réparations importantes (ateliers des Compagnies de chemins de fer) et dans les grandes imprimeries. Dans les industries travaillant le bois, les avantages procurés par la suppression complète des courroies doivent également faire donner la préférence à la commande individuelle.

Dans les ateliers de petite mécanique, fabriquant en série des pièces de faible poids, on préférera la commande par groupe, du moins quand il s'agit d'utiliser un outillage existant. C'est le cas des fabriques d'armes à feu, de bicyclettes, d'automobiles. On réunit alors dans un même groupe des machines similaires, travaillant ensemble autant que possible. La puissance absorbée par chaque groupe ne doit pas dépasser 5 à 10 chevaux, pour que les transmissions soient aussi légères que possible.

(*A suivre.*) T. PAUSERT.

MOTEURS.

Détermination des rhéostats de moteurs pour pompes et ventilateurs centrifuges, par D. TEXIER (*Bulletin technologique des Écoles nationales d'Arts et Métiers*, juin 1907, p. 446-459). — Dans ces applications, le travail résistant est, au début, réduit à celui des frottements et de l'agitation du fluide entourant la la turbine; un moteur série prendrait au démarrage des vitesses exagérées avant que le débit du ventilateur n'ait atteint son régime ou que la pompe ne se soit amorcée; il n'y a donc lieu de traiter que le cas d'un moteur shunt.

Si E est la force contre-électromotrice du moteur, I l'intensité du courant correspondant au couple résistant pour une vitesse angulaire de N tours par minute, on a, le couple résistant étant proportionnel au cube de la vitesse,

$$EI = kN^3,$$

et, d'autre part, en négligeant la réaction d'induit,

$$E = k'N;$$

on en déduit

$$I = \frac{k}{k'}N^2 = k''N^2.$$

L'intensité du courant traversant le moteur est

$$I' = i + I = i + k''N^2,$$

i étant l'intensité nécessaire pour vaincre les frottements à vide, frottements que l'on suppose indépendants de la vitesse. D'après la loi d'Ohm, cette intensité a encore pour valeur

$$I' = \frac{U - E}{R},$$

U étant la tension d'alimentation et R la résistance du moteur et de son rhéostat.

De là on déduit

$$R = \frac{U - E}{I'} = \frac{U - k'N}{i + k''N^2},$$

formule qui permet de déterminer R et, par suite, la résistance du rhéostat pour chaque valeur de la vitesse, si l'on connait U, l'intensité à vide i et la valeur de I' pour une vitesse donnée N.

Inversement, R étant donné, on pourra déterminer la vitesse de régime correspondante, laquelle est donnée par

$$N = \frac{-k' + \sqrt{k'^2 - 4Rk''(Ri - U)}}{2Rk''}.$$

A titre d'exemple, l'auteur calcule un rhéostat permettant d'avoir diverses vitesses comprises entre 650 et 1200 tours par minute, sachant que la résistance de l'induit est 1,20 ohm, l'intensité à vide 2 ampères, l'intensité I' pour 1200 tours par minute 12 ampères, et la tension du réseau 230 volts.

On a

$$k' = \frac{E}{N} = \frac{U - RI'}{N} = \frac{230 - 1,20 \times 12}{1200} = 0,179,$$

$$k'' = \frac{I' - i}{N^2} = \frac{12 - 2}{1200^2} = 0,0745 \times 10^{-4}.$$

Donc, pour la vitesse angulaire de 650 tours par minute, on devra prendre

$$R = \frac{230 - 0,179 \times 650}{2 + 0,0745 \times 10^{-4} \times 650^2} = 20,6 \text{ ohms}.$$

Cette même résistance pourrait servir pour le démarrage, car l'intensité ne serait alors que 230 : 20,6, soit 11,16 ampères, c'est-à-dire inférieure à l'intensité 12 ampères que peut supporter le moteur. Toutefois, comme le démarrage a lieu à vide, il est préférable de réduire l'intensité, par exemple de la prendre à la moitié de I', soit 6 ampères. Alors la résistance au démarrage devra être de 230 : 6 = 38,33 ohms. On devra donc avoir sur le premier plot (plot 0) une résistance de 38,33 ohms (rhéostat et induit), et sur le second (plot 1) une résistance de 20,6 ohms.

Pour calculer les résistances correspondant aux plots suivants, l'auteur admet une intensité de démarrage partiel supérieure de 20 pour 100 à l'intensité maximum de 12 ampères, soit 14,4 ampères. Or, sur le plot 1, la force contre-électromotrice du moteur est

$$0,179 \times 650 = 117 \text{ volts};$$

par suite, la résistance R_2 correspondant au plot 2 devra être

$$R_2 = \frac{230 - 117}{14,4} = 7,85 \text{ ohms};$$

et à cette résistance correspondra une vitesse angulaire

$$N_2 = \frac{\left\{\begin{matrix} -0,179 \\ +\sqrt{0,179^2 - 4 \times 7,85 \times 0,0745 \times 10^{-4}(7,85 \times 2 - 230)} \end{matrix}\right\}}{2 \times 0,0745 \times 10^{-4} \times 7,85},$$

soit 920 tours par minute.

En continuant à calculer de la même manière les résistances correspondant aux autres plots du rhéostat, on trouve, pour chacun de ces plots, les valeurs de R, I' et N qu'indique le Tableau suivant :

Plots.	Intensité absorbée en ampères.	Résistance totale en ohms.	Vitesse angulaire en t : m.
0..........	»	38,33	»
1..........	5,20	20,60	650
2..........	8,32	7,85	920
3..........	10,30	3,85	1070
4..........	11,20	2,78	1120
5..........	11,90	2,08	1160
6..........	12	1,20	1200

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : ARNOLD. USAP. 853491, 9 oct. 1905 (moteur à courant alternatif monophasé avec pôles de commutation). — BRADSHAW. USAP. 853218, 1er fév. 1905 (moteur). — BRUNKEN. BP. 12597, 1906 (moteurs à courant monophasé). — DAVIES. BP. 17703, 1906 (moteur monophasé). — FELTEN et GUILLEAUME. DRP. 187648, 5 oct. 1906 (moteur à champ tournant). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 19120, 1906 (moteurs). — HAWKINS. USAP. 856739, 10 sept. 1906 (moteur à courant alternatif). — IRVING. USAP. 855513, 21 nov. 1906 (moteur à mouvement alternatif). — LACY. BP. 18120, 1906 (moteurs). — LAMME. USAP. 856477, 27 fév. 1904 (moteur alternatif avec enroulement inducteur capable de produire plusieurs pôles); BP. 27269, 1906 (moteurs). — LATOUR. USAP. 855010, 18 juin 1904 (moteur alternatif à collecteur). MERRILL. USAP. 853711, 15 oct. 1906 (commande de deux moteurs). — PUNGA. DRP. 186797, 7 mars 1905 (moteur à répulsion). — REIST. USAP. 856760, 11 sept. 1906 (moteur d'induction). — RICHARDS. USAP. 858468, 858469 et 858471, 11 avril et 6 oct. 1904 et 3 janv. 1905 (dispositif pour empêcher le renversement des sens du courant dans un motor). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. BP. 1242, 1907 (moteur alternatif); 28100, 1906 (moteurs). — THOMSON-HOUSTON (SOCIÉTÉ DES ATELIERS). BF. 376506, 6 avril 1907 (perfectionnements aux moteurs à répulsion). — YOUNG et BOOTHROYD, BP. 12304, 1906. — *Démarrage, régulation et freinage* : ALIOTH (ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT). DRP. 187043, 30 janv. 1906 (freinage des moteurs à répulsion). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 187645, 27 avril 1906 (démarreur pour électromoteurs); 187764, 14 oct. 1906 (dispositif pour le réglage automatique de la vitesse); 187940, 13 août 1905 (dispositif pour le démarrage des moteurs alternatifs compensés à collecteur). — BENRATHER-MASCHINEN-FABRICK GES. DRP. 187646, 16 août 1906 et 187763, 4 oct. 1906 (dispositif pour le réglage automatique de la vitesse des moteurs à courant continu). — DAY. USAP. 851721, 13 oct. 1906 (régulateur). — BOOKER. BP. 20560, 1906 (démarreurs). — DU BOIS-REYMOND. DRP. 187692, 18 nov. 1904 (démarrage des alterno-moteurs à l'aide de courants croissant progressivement en tension et fréquence). — CONLEE. USAP. 859435, 9 déc. 1905 (dispositif de sécurité pour moteurs). — FELTEN et GUILLEAUME. DRP. 186781, 18 juin 1905 (réglage des moteurs). — FRANKLIN et SEYFERT. BP. 7248, 1906 (moteur à courant alternatif). — FRICKER. BP. 13673, 1906 (démarreurs et régulateurs). — FYNN. DRP. 187633, 4 août 1903 (moteur monophasé démarrant comme moteur à répulsion et travaillant comme moteur d'induction). — COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ. BF. 376532, 8 avril 1907 (dispositif permettant de réaliser une vitesse variable applicable aux moteurs électriques). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 9112, 12597, 13691, 13844, 15984 et 16361, 1906 (régulateurs). — JACOBSON. USAP. 856961 (régulateur

6..

centifruge). — JAMES. USAP. 854825, 2 août 1905 (régulateur de moteur). — KANDO (VON). DRP. 187082, 6 déc. 1905 (démarrage des moteurs d'induction). — KELLY. USAP. 858399, 22 sept. 1906 (régulateur). — KILD. USAP. 856743, 25 juill. 1906 (régulateur). — KRUPP. A.-G. DRP. 187761, 23 mars 1906 (démarreur pour moteur à courant continu). — MARTINKA. USAP. 859826, 17 juil. 1906 (moteur à vitesse variable). — MAYO. USAP. 856540, 11 fév. 1907 (démarreur). — MERSHON. USAP. 853464, 15 fév. 1904 (répartition du flux inducteur en injectant du courant en différents points de l'enroulement de chaque pôle); BF. 375613, 12 mars 1907 (couplage en chaîne pour moteurs à courant alternatif). — PIEPER. USAP. 855805, 16 sept. 1904 (régulateur de moteur). — SCHERBIUS. BP. 16087, 1906 (régulateur de vitesse). — SIEMENS BROS. C°. BP. 13567, 1906 (réglage de moteurs électriques). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 187397, 19 août 1906 (démarreurs et régulateurs). — SPENCE. BP. 12686, 1906 (changement de marche). — STORER. USAP. 858425 et 858481, 24 juil. 1905 (régulation de moteur). — TAYLOR, EATON et SCHWARZ. BP 16957, 1906 (démarreurs et régulateurs). — TILNEY. BP. 15989, 1906 (réglage de la vitesse des moteurs). — TORNBERG. USAP. 856433, 10 juil. 1905 (commutateur centrifuge pour moteur). — WIARD. USAP. 856379, 16 oct. 1906 (moyen pour refroidir les moteurs électriques). — CONTROLEURS : EBERT. USAP. 858797, 1er déc. 1905. — EMERSON. USAP. 855623, 17 oct. 1906. — EUKER. USAP. 857797, 31 août 1905. — JAMES. USAP. 854892, 3 oct. 1905. — LAIRD et TODD. USAP. 856476, 4 fév. 1905. — LÉONARD. USAP. 855897, 11 juil. 1903. — MITTELSTRASS. USAP. 855470, 17 oct. 1906. — MOODY. USAP. 853820, 20 oct. 1905. — POMEROY. USAP. 855972, 1er déc. 1903. — ROBINSON. USAP. 856424, 6 sept. 1905. — SCHUPPE. USAP. 858222, 7 janv. 1905. — SIEMENS BROS. DYNAMO WORKS. BP. 26149, 1906.

Electro-aimants : BAEHR. USAP. 858941, 4 avril 1907 (les pôles sont munis alternativement de projections). — BLISS. USAP. 855158, 1er mars 1906 (solénoïde démagnétisant à double enroulement). — BOUCHET. BF. 376569, 16 juin 1906. — BRADSHAW. USAP. 853340, 28 avril 1906 (enroulement pour électros). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 14359, 1906. — REPLOGLE. USAP. 854431, 6 sept. 1906 (bobine magnétisante).

Machines et appareils divers : AYER. USAP. 856013, 14 janv. 1907 (signal de danger pour machines outils électriques). — BACKSTROM. USAP. 853333, 28 mars 1904 (crampon pour électro-aimants tournants). — BERRY. BP. 15100, 1906 (frein). — BIRSFIELD. USAP. 853292, 22 mars 1905 (relais). — BOSSERT. USAP. 859363 (commande d'aiguilles). — BRYANT. USAP. 855877 (outil pour tourner les collecteurs). — BURTON. USAP. 854028, 11 août 1905 (appareil électrique pour laver et purifier la laine). — CASTELIN. BF. 376299, 2 avril 1907 (avertisseur électrique). — CIZKOVSKY. USAP. 856132, 22 avril 1906 (avertisseur contre le vol). — COOK. USAP. 856162 (dispositif d'arrêt pour machines à bobiner). — COLLUM (MAC). BP. 26998, 1906 (freins). — CRIDGE. USAP. 859745 (valves pour appareils à vide commandées par des électros). — DELLA RICCIA. BF. 377069, 28 juin 1906 (dispositif électrique permettant de produire à distance des mouvements intermittents). — DODDS. USAP. 854153, 27 avril 1906 (électro disposé pour transporter des matières non magnétiques). — FURY. USAP. 858971 (cible). — GARLAND. USAP. 854996 (dynamomètre). — GATES. USAP. 854997, 19 mars 1900 (électro pour séparer l'or des minerais magnétiques). — GUTHRIE. USAP. 85502, 5 juil. 1906 (horloge secondaire). — HAKOUMOFF. BP. 1645, 1907 (piano électrique). — HUGHES. USAP. 853791, 17 juil. 1906 (fermeture électrique de porte). — HUNT. USAP. 853585, 28 fév. 1906 (dispositif de commande de machine mue électriquement). — INNERNEY. USAP. 855066, 9 avril 1906 (dispositif de contrôle pour appareil commandé électriquement). — JURUICK. USAP. 855249, 10 déc. 1906 (horloge à remontage automatique). — KAISLING. USAP. 853305, 23 nov. 1903 (relais polarisé). — KANDO (COLOMAN DE). USAP. 853550, 13 déc. 1906 (machine électrique). — KENYON. USAP. 853552, 23 oct. 1906 (marteau électrique). — KITSÉE. USAP. 856163, 8 juin 1905 (relais). — KNUDSEN. USAP. 859820, 4 oct. 1906 (embrayage de l'axe d'un moteur avec un arbre de commande). — KRONHEIM. BP. 6515, 1907 (roue). — LAMBERT. USAP. 853806, 3 oct. 1906 (pompe électrique). — LOVETT. USAP. 858734, 9 oct. 1906 (séparateur magnétique). — MACOMBER. USAP. 856273, 20 fév. 1905 (aiguillage). — MANSON. USAP. 859676 (relais). — MARTIN. BP. 15376, 1906 (meules). — MARX. USAP. 854050, 11 janv. 1906 (moteur avec embrayage à friction). — MASCORD. BF. 376574, 10 avril 1907 (perfectionnements dans l'application de la force électromotrice). — MATZKA ZIMMERMANN. BP. 25508, 1906 (avertisseurs d'incendie). — MITCHELL. BF. 375490, 15 janv. 1907 (perfectionnements aux machines à imprimer conduites électriquement). — MORGAN. USAP. 856794 (piano). — MORLOCK. BP. 12862, 1906 (frein). — MOULE et HASELL. BP. 17293, 1906 (avertisseur d'incendie). — NEWTON. BP. 15845, 1906 (séparateurs magnétiques). — OVERMAN. USAP. 857664, 10 janv. 1907 (appareil médical). — PEDERSEN. USAP. 856722 (appareil pour fixer les câbles). — PICK. USAP. 854107, 6 mars 1905 (embrayage électromagnétique). — PLATO. USAP. 855729, 6 oct. 1904 (cloche). — POULTER. USAP. 853826, 4 juin 1906 (indicateur d'élévation de température). — POWERS. USAP. 853648, 12 mai 1906 (horloge électrique). — PRUDDEN. USAP. 855588 (dispositif et appareil pour protéger les constructions sous-marines en bois). — RANDALL. USAP. 853375, 2 mai 1906 (système de ventilation et de refroidissement). — RAYMOND. USAP. 858909, 24 août 1905 (cloche électrique). — RIVALS. BF. 376939, 14 fév. 1907 (système d'asservissement continu). — ROBINS. USAP. 853736, 6 déc. 1905 (avertisseur contre le vol). — ROBSON et CLEGG. BP. 15245, 1906 (thermomètre). — RYAN. USAP. 853475 (séparateur magnétique). — SANDELL. USAP. 855021, 856024, 859620, 5 fév. 1906 (violons électriques). — SHARPIN. BP. 23469, 1906 (graissage). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 187966, 7 mars 1906 (relais à fil chaud pour courant alternatif). — SCHULL et REYROLL. BP 14511, 1906 (régulateurs). — SIEMENS BROS et C° BP. 3082, 1907 (appareil pour indiquer les aiguillages). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. BP. 26153, 1906 (freins pour appareils de levage). — SMITH. USAP. 859018, 22 nov. 1906 (système de telphérage). — SOCIÉTÉ DES TÉLÉGRAPHES MULTIPLEX. BF. 376155, 27 mars 1907 (relais transformeur). — STRODTBECK. USAP. 859147, 18 janv. 1907 (avertisseur pour tubes à liquide). — WAYGOOD et C°. BP. 17321, 1906 (ascenseurs). — WENNSTROM. USAP. 856007 (support pour appareils électriques et autres). — WHITE. BP. 17564, 1906 (valves). — WILSON. USAP. 856324, 6 sept. 1905 (aiguillage). — WINFIELD. USAP. 855601, 7 juil. 1903 (aiguille pour chemins de fer).

Signaux : ABERNETHY. USAP. 852092, 852093 et 852094, 7 déc. 1905 (signal sémaphorique de chemins de fer à contrôle électrique). — ANDERSON. USAP. 850511, 29 mai 1906 (signal comprenant un circuit qui indique qu'une voiture s'est détachée). — CARTER. USAP. 850521 (signal lumineux). — COREY. USAP. 850733, 20 oct. 1905 (block-système). — FAIRWEATHER. BP. 9068, 1906 (signaux). — GARRETSON. USAP. 852502, 17 juillet 1905 (signal). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 11497, 1906 (block-système). — HEYWOOD. BF. 375218, 19 janv. 1907 (appareil pour faire des signaux). — PARUSEL. BP. 17701, 1906 (signaux). — PATENALL. USAP. 851962, 4 déc. 1906 (block-système automatique). — PATTERSON. USAP. 852344 (signal). — SEDGWICK. USAP. 852628 à 852635, 24 nov. 1905 (signal de chemins de fer). — VARA (DE). BP. 9951, 1906 (signaux). — WOLCOTT. USAP. 852405, 27 déc. 1904 (signal de chemins de fer).



TRACTION ET LOCOMOTION.

GÉNÉRALITÉS.

Deux nouveaux systèmes de traction électrique utilisant le courant alternatif, par J. SAHULKA (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 29 août 1907, p. 852 à 854). — L'auteur décrit deux systèmes de traction dans lesquels on emploie un moteur principal d'un système quelconque dont les deux parties sont mobiles. Une des parties actionne l'arbre à conduire, l'autre partie actionne une dynamo fournissant du courant à un moteur auxiliaire commandant également l'arbre à conduire. La dynamo et le moteur auxiliaire sont seulement de puissance égale à la demi-puissance du moteur principal.

Dans le second système, l'arbre à conduire est actionné par un moteur monophasé à collecteur ou par un moteur à champ tournant auquel le courant est fourni par un moteur d'induction fonctionnant comme transformateur de fréquence et de tension pendant la période de démarrage. Le moteur d'induction est pourvu dans ce but d'un dispositif de freinage au moyen duquel il peut être fixé de sorte qu'il fonctionne, dans ce cas, comme un transformateur statique. L'énergie absorbée au freinage peut être transmise à l'arbre à conduire.

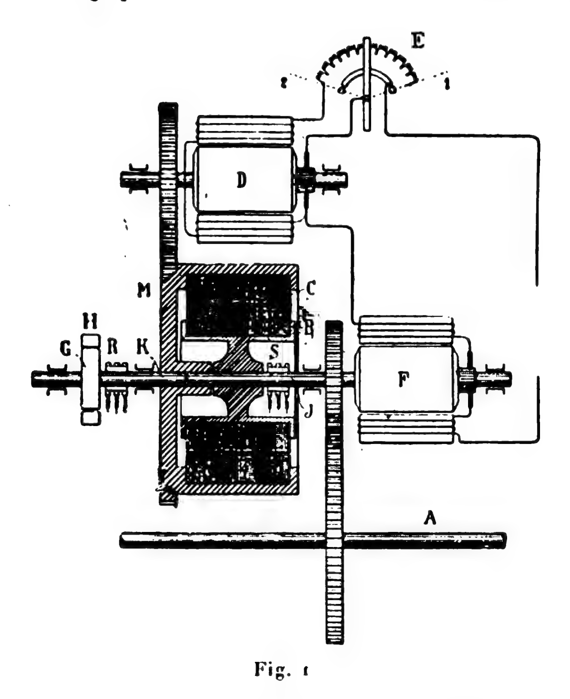


Fig. 1

La figure 1 montre la disposition schématique du premier système : le moteur principal M a ses deux parties mobiles dont l'une commande l'arbre A, l'autre une dynamo à courant continu, à excitation shunt D, laquelle fournit du courant au moteur F agissant lui aussi sur l'arbre A. Les machines D et F doivent être de moitié de puissance de celle du moteur principal M qui fonctionne toujours à grande vitesse quelle que soit la vitesse de l'arbre A. La vitesse de cet arbre A est réglée par le rhéostat d'excitation E de la dynamo D.

Dans la figure 1, les moteurs commandent le même arbre, mais il est facile de comprendre qu'ils pourraient commander des arbres différents. Le moteur F est figuré avec une excitation série, mais il pourrait être muni d'une excitation indépendante du courant principal. Il est inutile de disposer des résistances entre les machines D et F; par contre, la tension de la machine D doit pouvoir être réglée dans de grandes limites au moyen de la résistance E. Dans la position 1 de la manette du rhéostat E, toute la résistance est intercalée et, en outre, le circuit du moteur F est coupé.

Le moteur M est mis en marche à vide, le rhéostat E étant dans la position 1, l'axe A offrant une grande résistance reste immobile ainsi que l'induit B du moteur M; au contraire, la dynamo D est amenée à sa plus grande vitesse; on ferme ensuite le circuit entre D et F et l'on renforce peu à peu l'excitation de D. Le moteur F reçoit par suite un courant croissant jusqu'au démarrage de l'axe A, celui-ci est en même temps sollicité au mouvement par l'effort correspondant exercé sur l'induit B du moteur principal M.

Le réglage de la vitesse est effectué à l'aide du rhéostat d'excitation E. Le système travaille dans des conditions avantageuses quelle que soit la vitesse, car le moteur principal tourne toujours à grande vitesse et ne nécessite aucune perte dans des résistances.

Si l'on veut encore augmenter la vitesse après que le rhéostat E est à sa position extrême 2, il est possible d'y parvenir en se servant du frein HG après que le circuit de DF a été ouvert; au moyen de ce frein, la vitesse de l'induit B est amenée à sa plus grande vitesse et la génératrice D est arrêtée.

Le système permet la récupération dans les pentes : le mode de fonctionnement de toutes les parties est inversé.

Dans le second système, l'axe conduit est commandé par des moteurs à collecteur ou à champ tournant. Dant le premier cas, les courants sous balais sont considérablement réduits par suite de l'emploi d'une fréquence et d'une tension très basses au démarrage et croissant peu à peu avec la vitesse du système par le freinage du transformateur formé par le moteur d'induction. Dans le second cas, les moteurs peuvent être munis de rotors en court-circuit. Le réglage de la vitesse peut être effectué de la manière la plus douce.

La figure 2 montre la disposition schématique du système, l'énergie primaire est fournie sous forme de courants triphasés d'une tension quelconque.

Le moteur d'induction est muni d'un rotor diphasé,

les courants sont recueillis à l'aide de balais et de bagues à la manière ordinaire. Le moteur J peut être démarré à vide à l'aide des résistances P_1, P_2 ; les moteurs actionnant les essieux sont figurés comme étant des moteurs monophasés à collecteur.

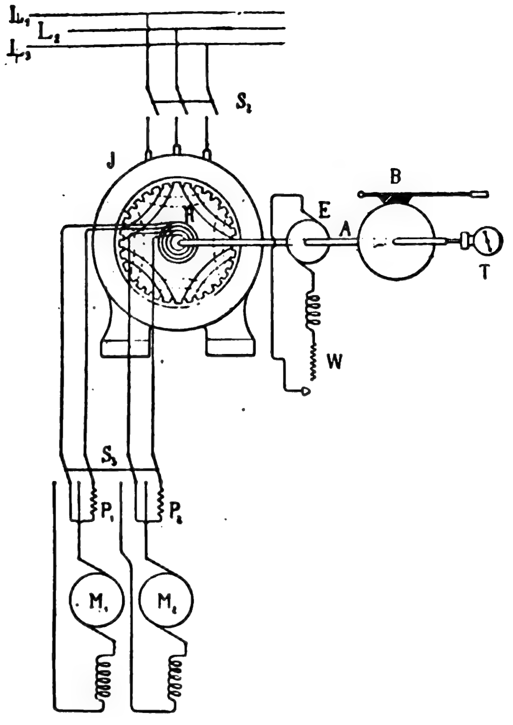


Fig. 2.

Pour le démarrage, les moteurs M_1, M_2 sont reliés aux circuits du rotor R à l'aide des interrupteurs S_3 sans intercalation de résistances, car la fréquence et la tension au rotor sont à peu près nulles à ce moment;

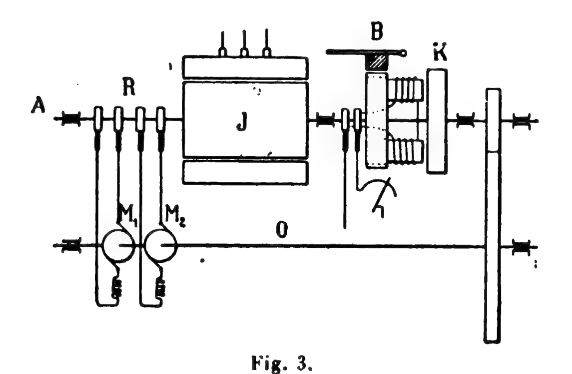


Fig. 3.

les moteurs M_1, M_2 ne démarrent pas encore, car le courant qui les traverse est presque nul; si l'on freine maintenant le rotor du transformateur H au moyen du frein B, la fréquence et la tension croissent en M_1, M_2 ainsi que le courant et les moteurs démarrent; à la fin de la période de démarrage, le frein est calé à bloc et le rotor H est fixé, et le moteur J fonctionne comme un transformateur ordinaire. En dehors du frein mécanique on a prévu l'emploi d'une dynamo de frein E à excitation série avec résistance de réglage W, d'un emploi plus commode que le frein B pour les périodes de marche à vitesse moyenne.

La figure 3 montre une autre disposition avec frein à courants de Foucault et récupération du travail de freinage dont le fonctionnement est facile à comprendre.

Le diagramme de la figure 4 donne les différentes allures des moteurs d'induction fonctionnant comme

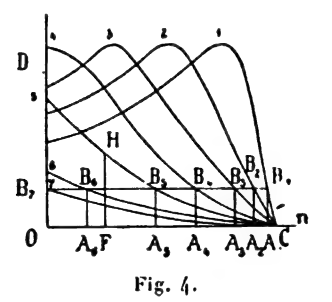


Fig. 4.

transformateurs. Le nombre de tours n est porté en abscisses pendant que les couples sont représentés suivant les ordonnées. La courbe 1 correspond au cas où les enroulements du rotor J sont fermés sur les moteurs M_1, M_2 arrêtés; les courbes 2, 3, 4, 5, 6, 7 correspondent à des vitesses croissantes des moteurs M_1, M_2 dont la résistance apparente croît avec la vitesse. Au cas où le couple est constant,

$$A_1B_1 = A_2B_2 = A_3B_3 \ldots,$$

si le rotor est freiné, le nombre de tours de J passe de la valeur OA_1 à OA_2, à OA_3, ..., jusqu'à la vitesse nulle. E. B.

CHEMINS DE FER.

Projet d'électrification de la ligne de Mühlacker à Ulm (Wurtembourg) (*Génie civil*, t. LI, 14 sept. 1907, p. 334). — La ligne principale des chemins de fer wurtembergeois, de Mühlacker à Ulm, par Stuttgart, forme entre Geisslingen et Amstetten, sur les contreforts des Alpes de Souabe, une rampe très rapide de 22^{mm} par mètre en moyenne, d'une longueur totale de $5^{km},7$. A cette rampe principale viennent s'ajouter les deux rampes d'accès de Sussen à Geislingen, sur laquelle la pente est de 10^{mm}, et celle de Goppingen à Sussen, où elle est de $7^{mm},5$. Cette ligne est très chargée et parcourue par 2218 essieux en 24 heures, dont une forte proportion, 25 pour 100 environ, sont des essieux de locomotives remorquant des trains sur la rampe et redescendant à vide.

Ces conditions étant données, on s'est demandé s'il n'y aurait pas avantage à électrifier ce tronçon de ligne, à atteler les locomotives électriques redescendant la pente devant les trains suivant la même direction, et à faire travailler pendant le retour les moteurs de ces

locomotives comme génératrices. On pourrait ainsi récupérer une grande partie du travail dissipé actuellement par les freins, et il suffirait d'équiper la station centrale de groupes générateurs d'une puissance suffisante pour fournir le complément de courant nécessaire, soit environ le tiers de la totalité du courant consommé, dans le cas actuel, pour le trajet Geislingen-Amstetten. Il faudrait naturellement installer également, à cette station, une grosse batterie-tampon d'accumulateurs, en raison de l'impossibilité où l'on se trouve de modifier le graphique des trains, de façon à faire toujours descendre un train sur l'une des voies pendant qu'un autre train remonte la voie parallèle, et de s'arranger de telle sorte que les trains se croisant au milieu de la rampe marchent toujours à la même vitesse et soient de poids équivalent.

M. MUHLANN étudie, dans les *Annalen für Gewerbe*, du 15 juin, si cette électrification est économiquement avantageuse, et il conclut que les frais d'exploitation électrique, d'entretien et d'amortissement de l'installation seraient toujours supérieurs aux économies réalisées sur la consommation de combustible des locomotives à vapeur, en admettant que le tronçon Geislingen-Amstetten soit seul électrifié. Si l'on électrifiait également les rampes d'accès à partir de Goppingen, les conditions de l'exploitation électrique serait un peu plus favorables quoique encore moins bonnes que celles de l'exploitation actuelle. Dans ce dernier cas, il serait toutefois possible de faire la transformation susdite, d'une façon avantageuse, si la station centrale alimentant la ligne pouvait également fournir du courant d'éclairage aux environs, et augmenter son coefficient de charge moyenne.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : CHURCHWARD. USAP. 851799, 1er juin 1906 (traction mixte à accumulateurs et à trôlet). — COOPER. BP. 29482, 1906 (voitures électriques). — DUCKWORTH. USAP. 847743, 3 janvier 1906 (système de voie dont l'un des rails est sectionné et mis en service par une aiguille commandée par la voiture). — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 13287 et 28025, 1906 (manœuvre des voitures électriques et locomotives). — GREENWOOD et BROWN. BP. 9103, 1906 (voiture électrique). — PARKER. BP. 5570, 1906 (transmission d'énergie pour véhicules). — POTTER. USAP. 858211, 11 déc. 1905 (locomotive électromagnétique). — POTTERAT. BP. 19074, 1906 (système de traction électrique). — ROAN. USAP. 851837, 4 déc. 1905 (locomotive de mine). — SIEMENS SCHUCKERT-WERKE. DRP. 184238, 7 avril 1906 (train électrique recevant du courant polyphasé et actionné par courant monophasé). — SMITH. USAP. 859019, 11 mars 1907 (voiture actionnée par solénoïdes). — THAYER. USAP. 857686, 4 avril 1907 (voiture électrique à système mixte).

Conducteurs et voie : *Lignes à trôlet* : AMBROIN-WERKE. DRP. 184332, 9 déc. 1904 (suspension du fil de travail). — COLLIE. BP. 13450, 1906 (mâts pour tramways). — HEIMANN. DRP. 184235, 3 fév. 1906 (support pour le fil de travail des chemins de fer électriques). — MAYER. USAP. 855114, 5 fév. 1907 (oreille pour fil de trôlet). — RITTER. BP. 23722, 1906 (fondation pour mâts de tramways). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 184236, 31 mars 1906 (fixation du fil de travail à des fils transversaux supportés par des consoles). — THOMPSON. USAP. 846764, 21 avril 1906 (aiguille pour fil de trôlet). — *Ligne à troisième rail* : BAKER. USAP. 856385, 21 mars 1906 (protecteur de troisième rail). — BLUHM. USAP. 859868, 27 fév. 1906 (dispositif pour supporter et isoler le troisième rail). — KEMPER. USAP. 856782, 21 janv. 1907 (protecteur de troisième rail). — *Ligne à conducteur souterrain* : ALEXANDER. USAP. 855492, 14 mars 1904 (caniveau pour tramway). — *Joint conducteur* : BOUDRÉAUX. USAP. 851615 (joint de rail). — BRENNAN. USAP. 856127, 24 sept. 1906 (joint de rail). — BROWN. USAP. 851340 (méthode pour braser le joint sur le rail). — BUCHANAN. USAP. 854328, 18 mars 1907 (protecteur pour joint de rail). — STROTHER. USAP. 852206 (base pour joint de rail). — YOUNG. USAP. 852210.

Prises de courant : *Trôlet* : ALTHEN. USAP. 846378, 2 avril 1906 (crochet pour guider les fils attachés à la perche du trôlet). — BENNETT. USAP. 858255, 17 avril 1906 (tube renfermant le ressort tendeur de la perche du trôlet). — BLUHM. USAP. 859867, 27 fév. 1906 (trôlet à perche pivotante). — CORDREY. USAP. 856801, 30 juin 1906 (roue de trôlet). — COTTRELL. USAP. 853771 (graisseur pour roue de trôlet). — DAWSON et MILTON. BP. 2555, 1907 (roues de trôlet). — FIXLER. USAP. 857612, 12 juil. 1906. — GRIBBEN. 854489 (support pour perche de trôlet). — HAILE. USAP. 851415, 26 juin 1906 (perche munie de bras protecteurs). — HENLEY. USAP. 859449, 25 oct. 1906 (perche de trôlet munie de bras protecteurs). — LILE. USAP. 858732, 28 juin 1906 (perche de trôlet). — LINDSAY (ROBERT) et LINDSAY (JOHN). USAP. 856535, 26 juin 1905 (perche télescopique). — LIVERGOOD. USAP. 852969, 29 janv. 1906 (trôlet avec interrupteur consistant en une came ayant deux projections à angle droit, dont l'une ferme et l'autre ouvre le circuit). — MATHENEY. USAP. 857643, 12 juil. 1906 (protecteur de trôlet). — PIERCE. USAP. 851029, 30 oct. 1906 (dispositif de remise en place de trôlet). — RADCLIFF. USAP. 854759, 29 juin 1906 (tige de trôlet). — REIF. USAP. 852978, 2 juin 1906 (trôlet avec bras de garde). — ROCKWELL. USAP. 853322, 7 mai 1906 (perche de trôlet). — SCHMUNK. USAP. 847701, 10 juil. 1906 (croisement aérien pour trôlet). — SHIELDS. USAP. 858355, 14 mars 1906 (attrapeur de trôlet). — TORREY. USAP. 854389 (roue de trôlet). — VARNEY. BP. 12458, 1907 (construction de trôlets). — WALKER. USAP. 852307 (attrapeur de trôlet). — WEBER. USAP. 858238, 19 fév. 1907 (roue de trôlet avec crochet de guidage). — WILSON. USAP. 856503 (roue de trôlet avec chambre de graissage). — *Divers* : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 4263, 1907 (prises de courant pour voitures électriques). — BRITTAIN. USAP. 857591, 18 avril 1906 (archet). — DAWSON. BP. 25198. 1906 (collecteurs de courants pour tramways). — EAGAN. USAP. 848730, 26 déc. 1905 (captation du courant sur les fils par une longue verge placée sur la voiture). — STEWART. USAP. 853838, 1er août 1906 (prise de courant pour train).

Combinateurs et freins : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 184239, 7 juill. 1906 (combinateur). — ALLMANA SVENSKA. ELEK AKTIEBOLAGET. BP. 29771, 1906 (régulateurs pour trains électriques). — COOPER. USAP. 856448, 30 oct. 1906 (combinateur). — ELECTRICAL DEVICES CY. DRP. 184279, 30 mai 1906 (combinateur avec dispositif devant empêcher un démarrage trop rapide). — FRANK. USAP. 854730, 19 sept. 1906 (régulation des moteurs de traction). — LEMP. USAP. 851762, 14 juin 1905 (régulateur pour automobiles pétroléo-électriques). — STORER. USAP. 851704, 24 juil. 1905 (régulateur de vitesse pour voitures à plusieurs moteurs). — THOMSON-HOUSTON (COMPAGNIE FRANÇAISE POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS). BF. 374690, 3 janv. 1907 (perfectionnements aux contacteurs électromagnétiques). — WIKANDER. USAP. 856010 (interrupteur électropneumatique pour voitures de chemins de fer).

6...

ÉCLAIRAGE.

LAMPES A INCANDESCENCE.

Procédé Siemens et Halske pour la fabrication des filaments de tantale (*Génie civil*, t. LI, 31 août 1907, p. 299). — On sait que ces filaments sont généralement obtenus en comprimant en un fil la poudre métallique obtenue par réduction d'un sel de tantale, et en faisant traverser ce fil hétérogène, dans une atmosphère neutre ou dans le vide, par un courant électrique intense : les arcs qui jaillissent entre les particules métalliques, qui constituaient le fil avant ce traitement, les soudent entre elles et transforment le tout en un fil continu.

Dans le nouveau procédé Siemens et Halske, cette soudure est obtenue par les rayons cathodiques. Pour cela le fil est placé dans une rainure d'un support conducteur situé dans une ampoule hermétiquement close et parfaitement vidée; en face de ce support se trouve un petit miroir sphérique concave dont le support occupe le centre. En reliant le miroir au pôle négatif et le support au pôle positif d'une source électrique à haute tension, des rayons cathodiques prennent naissance et, se dirigeant normalement au miroir, viennent se rencontrer en son centre, c'est-à-dire précisément sur une portion du fil. Sous l'effet du bombardement cathodique, cette portion est rapidement portée à sa température de fusion, et il suffit d'incliner le miroir pour projeter successivement les rayons cathodiques sur toute la longueur du fil et arriver à le faire passer par l'état liquide en entier.

Ce procédé est, paraît-il, plus économique que le procédé ordinaire, lequel exige une dépense d'énergie considérable; il aurait également l'avantage de fournir un filament plus uniforme.

On peut alimenter l'appareil par du courant alternatif à haute tension. Dans ce cas, l'appareil comprend deux miroirs dont les centres se confondent : à chaque alternance l'un ou l'autre miroir agit comme cathode. D'ailleurs l'appareil à deux miroirs convient aussi avec le courant continu et il offre cet avantage de dispenser de rechercher la polarité des câbles d'amenée.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à incandescence : *Lampes à filaments :* Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. BF. 376795, 19 avril 1907 (corps incandescents pour l'éclairage et le chauffage). — Consortium für Elektrochemische Industrie. DRP. 187083, 2 juin 1905 (corps incandescents). — Deutsche Gasglühlicht A. G. BP. 13956, 1906 (filaments pour lampes à incandescence); DRP. 187084, 1er sept. 1905 (lampes à incandescence). — General Electric C°. BP. 13596, 1906. — Just et Hanaman. USAP. 855060, 6 juil. 1905 (procédé de fabrication de filaments au tungstène). — Justice. BP. 12325, 1906. — Lederer. BP. 20209, 1906 (filaments métalliques). — Parker, Clark Electric C°. BF. 376412 et 376413, 5 avril 1907 (procédé de fabrication de filaments pour l'éclairage électrique). — Phelps. USAP. 859515, 15 juil. 1903. — Siemens et Halske. BP. 2123, 1907 (filaments contenant du thorium). — Thomson-Houston. BF. 376870, 18 avril 1907 (perfectionnements à la fabrication des filaments pour lampes). — *Accessoires :* Amon. USAP. 856755, 1er mars 1906 (socle). — Barrett. USAP. 854554, 16 mars 1906 (fixation de lampes). — Burrows. USAP. 856129 (machine pour attacher les socles des lampes). — Davis. BP. 29620, 1906 (ampoules); BF. 376797, 16 avril 1907 (culots pour lampes). — Diemmer. USAP. 853444, 26 fév. 1906 (suspension pour lampes). — Dontell (Mac). USAP. 859323 (dispositif pour faire le vide dans les ampoules). — Dugdill. USAP. 857928 (garniture pour lampes). — Elliott. USAP. 853231, 18 mai 1906 (socle multiple). — Gagneau et Cie. BF. 376334, 3 avril 1907 (pendeloque pour recevoir une lampe à incandescence). — Gibbs. USAP. 853352, 5 juin 1906 (lampe pour pupitre à musique). — Guest et Hills. DRP. 186635, 31 janv. 1905 (fil d'arrivée en métal pour lampes à incandescence). — Harter. USAP. 854493, 2 nov. 1906 (socle). — Kattwinkel. BF. 377074, 22 avril 1907 (culot pour lampes). — Kopp. USAP. 859821, 13 oct. 1906 (résistance de réglage pour lampes). — Kuzel. BP. 25994, 1906 (soudure des filaments de lampes à incandescence). — Marten. USAP. 856275, 27 nov. 1903 (procédé de fixation pour lampes à haute tension). — Williamson et Williamson. BP. 12567, 1906 (abat-jour). — *Lampes à gaz ou à vapeur :* Burrows. USAP. 853678, 7 juil. 1905 (lampe à mercure). — Moore. USAP. 853989, 21 avril 1904 (lampe à vapeur ou à gaz); 854104, 25 mai 1904 et 854300, 7 fév. 1906 (lampe à vide). — *Accessoires :* Moore. USAP. 856483 et 856484, 8 mai 1906 (soupape auto-régulatrice pour tubes d'éclairage à air ou gaz raréfié); DRP. 187649, 3 mai 1906.

Divers : Bohan. USAP. 854072 (système d'éclairage électrique des trains). — Ford et Bauer. USAP. 853301, 9 août 1906 (système d'éclairage des trains et autres). — Schmidt. BF. 376842, 17 avril 1907 (appareil d'éclairage) — Siemens Bos. BP. 29151, 1906 (éclairage des trains). — Southam et Hides. USAP. 856497 (dispositif d'éclairage d'un miroir au moyen de lampes à incandescence). — Weber. USAP. 854918, 30 avril 1906 (régulateur centrifuge pour l'éclairage des trains).

Divers : Flichtner. USAP. 847566 et 847567, 28 juillet 1904 (support réglable et appareil pour le tirage des bleus au moyen de lampes à vapeur de mercure). — Hochenegg. BF. 374409, 8 fév. 1907 (éclairage de secours pour théâtres). — Soulier. BF. 373965, 4 janvier 1907 (système pour l'éclairage électrique des voitures).

MESURES ET ESSAIS.

MÉTHODES RAPIDES POUR LA DÉTERMINATION DU RENDEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES.

Le rendement des machines électriques est un élément important à connaître, non seulement à leur charge normale, mais encore à toutes les charges usuelles. Les garanties que donnent les constructeurs comprennent en général une courbe de rendement, ou tout au moins un tableau des valeurs du rendement pour un certain nombre de charges.

Dans le cas le plus général où l'on accepterait à la fois comme variable les intensités, les tensions et les fréquences, le rendement est une fonction très complexe de ces variables. En pratique, dans la presque totalité des cas, la fréquence et la tension sont constantes. Le rendement ne dépend plus que d'une seule variable, l'intensité, dont les variations sont proportionnelles à celles de la puissance. Dans tout ce qui suit, nous avons admis cette confusion et la puissance a été représentée par le même symbole que l'intensité qui lui correspond.

En principe, le rendement ne peut être déterminé d'une manière incontestable que par l'expérience directe; le rendement déterminé par le calcul d'après les dimensions et les données de construction de la machine ne peut être admis que comme prévision.

En fait, cependant, les difficultés de mesure sont telles dans la plupart des cas que l'on est conduit à évaluer le rendement par des méthodes qui ne sont que partiellement expérimentales.

La méthode des pertes séparées, une des plus employées, admet que les pertes constatées à vide, dues aux effets mécaniques et au travail du flux dans les tôles, ne sont pas modifiées par la charge. On les évalue directement avec autant de précision que possible et l'on y ajoute, pour le calcul du rendement, les pertes dues à la charge. On admet que celles-ci se réduisent à l'effet Joule dans les conducteurs, et on les calcule d'après la résistance des circuits, mesurée à la température de régime.

On admet donc que la loi des pertes totales en fonction de la charge est de la forme

$$p = A + BI^2.$$

On emploie également beaucoup les méthodes d'opposition par deux machines, ou par opposition d'une moitié de la machine sur l'autre moitié, quand cette division est possible. On mesure le pertes d'ensemble, et le rendement de la machine s'en déduit comme racine carrée du rendement de la double opération que l'on a effectuée.

On admet donc qu'à égalité arithmétique de charge, le rendement est le même pour une machine fonctionnant dans un sens, par exemple transformant de l'énergie mécanique en énergie électrique, et pour la même machine fonctionnant en sens inverse, par exemple transformant l'énergie électrique en énergie mécanique. Or, entre les deux cas, la différence se réduit à une différence de signe pour la valeur algébrique de la puissance ou de l'intensité. L'hypothèse de l'égalité des pertes dans les deux cas conduit donc à annuler tous les termes de puissance impaire dans le développement

$$p = A + A'I + BI^2 + B'I^3 + CI^4 + \ldots,$$

de la perte en fonction de l'intensité.

Comme l'on peut toujours se contenter de la formule arrêtée à son quatrième terme, on retombe sur la même hypothèse que dans la méthode des pertes séparées ([1]).

On peut donc admettre que le rendement expérimental des machines sera toujours assez exactement représenté par toute formule déduite de la formule des pertes séparées.

Nous nous proposons de montrer que cette formule permet de relier très simplement entre elles les courbes de rendement possibles, et donne le moyen de construire des abaques qui permettent de résoudre très rapidement quelques problèmes usuels sur le rendement des machines à leurs différentes charges.

Définitions et formules. — Nous appellerons *pertes relatives* le rapport de la perte absolue à la

([1]) Pour les appareils d'induction où l'excitation fait partie des pertes par effet Joule du circuit principal (transformateur) et ceux pour lesquels les phénomènes se compliquent de fuites de flux importantes (moteurs asynchrones), la méthode des pertes séparées ne peut s'appliquer qu'à la condition de construire les diagrammes de l'appareil. On peut cependant, en pratique, admettre que le rendement obéit aux mêmes lois, à la condition de ne pas pousser les déterminations jusqu'à de trop fortes surcharges. On sait que, pour les moteurs asynchrones, le rendement tombe bien plus rapidement que ne l'indiquerait la formule simplifiée. Mais les points pour lesquels l'écart est sensible correspondent à une marche tout à fait instable qui ne peut pas être pratiquement soutenue et qui n'a aucun intérêt.

puissance utile désignée par I (d'après la convention faite plus haut) et nous l'appellerons δ. On a ainsi la formule

$$\delta = \frac{p}{I} = \frac{A}{I} + BI.$$

Le rendement se déduira de la perte relative par la formule

$$\eta = \frac{1}{1+\delta}.$$

D'autre part, le rendement sera maximum pour la plus petite valeur possible de δ.

Comme δ est la somme de deux termes dont le produit est constant, il sera minimum lors de l'égalité de ces deux termes. La puissance correspondant au meilleur rendement correspondra donc à l'égalité $\frac{A}{I} = BI$.

Tout changement d'unité de mesure pour la puissance introduit évidemment une modification dans les valeurs des coefficients A et B. Si, en particulier, nous évaluons la puissance en fractions de celle de meilleur rendement que nous considérons alors comme unité, I devient égal à 1 dans l'égalité ci-dessus, et il en résulte évidemment que les coefficients A et B sont égaux.

Le rendement d'une machine quelconque, en fonction de la charge relative rapportée à celle dont le rendement est le meilleur, dépend donc d'un seul coefficient. En particulier, la perte relative contient ce coefficient comme facteur numérique commun à tous ses termes. Nous appellerons plus particulièrement Δ les valeurs de δ pour une machine dont le rendement maximum serait égal à $\frac{1}{2}$.

APPLICATIONS DES FORMULES. — Ayant les Tables (I) des valeurs de Δ en fonction de la charge en pour cent et (II) de η en fonction de δ, il est extrêmement facile de calculer tout rendement quand on connaît le rendement maximum et la charge à laquelle il correspond.

La Table des rendements fournie par les mesures donne le minimum de δ; ce minimum est le coefficient par lequel il faut multiplier Δ pour avoir δ.

On a immédiatement les valeurs de δ pour toute charge, valeurs que la Table (II) permet de traduire immédiatement en valeurs de η.

Ces données permettent également la solution d'un problème assez fréquent. On connaît souvent, par expérience ou par les garanties du constructeur, les rendements à des charges différentes, par exemple la charge normale et la moitié, le quart, les trois quarts, un quart de surcharge, etc. Il serait utile de connaître tous les éléments de la courbe de rendement, en particulier la charge pour laquelle le rendement est maximum et la valeur de ce rendement.

Si l'on remarque que d'une machine à l'autre δ ne diffère que d'un coefficient constant, on voit que le rapport des δ correspondant à deux charges relatives données est constant. Il est alors facile de dresser une Table de la valeur des charges relatives de rapport fixe en fonction du rapport des δ correspondants.

Nous donnons cette Table (III) pour deux charges dans le rapport de 1 à $\frac{1}{2}$.

TABLE I.

f.	Δ.	f.	Δ.	f.	Δ.	f.	Δ.
0,10	5,050	0,58	1,152	1,06	1,001	1,54	1,094
0,11	4,600	0,59	1,142	1,07	1,002	1,55	1,097
0,12	4,226	0,60	1,133	1,08	1,003	1,56	1,100
0,13	3,911	0,61	1,124	1,09	1,003	1,57	1,103
0,14	3,621	0,62	1,116	1,10	1,004	1,58	1,106
0,15	3,408	0,63	1,108	1,11	1,005	1,59	1,109
0,16	3,205	0,64	1,101	1,12	1,006	1,60	1,112
0,17	3,026	0,65	1,094	1,13	1,007	1,61	1,115
0,18	2,868	0,66	1,087	1,14	1,008	1,62	1,118
0,19	2,676	0,67	1,081	1,15	1,010	1,63	1,121
0,20	2,600	0,68	1,075	1,16	1,011	1,64	1,125
0,21	2,486	0,69	1,069	1,17	1,012	1,65	1,128
0,22	2,382	0,70	1,064	1,18	1,013	1,66	1,131
0,23	2,289	0,71	1,059	1,19	1,015	1,67	1,134
0,24	2,203	0,72	1,054	1,20	1,016	1,68	1,137
0,25	2,125	0,73	1,050	1,21	1,018	1,69	1,141
0,26	2,053	0,74	1,045	1,22	1,020	1,70	1,144
0,27	1,987	0,75	1,041	1,23	1,021	1,71	1,147
0,28	1,927	0,76	1,038	1,24	1,023	1,72	1,150
0,29	1,869	0,77	1,034	1,25	1,025	1,73	1,154
0,30	1,816	0,78	1,031	1,26	1,027	1,74	1,157
0,31	1,768	0,79	1,028	1,27	1,029	1,75	1,160
0,32	1,722	0,80	1,025	1,28	1,030	1,76	1,164
0,33	1,680	0,81	1,022	1,29	1,032	1,77	1,167
0,34	1,640	0,82	1,020	1,30	1,034	1,78	1,171
0,35	1,603	0,83	1,017	1,31	1,036	1,79	1,174
0,36	1,569	0,84	1,015	1,32	1,039	1,80	1,178
0,37	1,536	0,85	1,013	1,33	1,041	1,81	1,181
0,38	1,506	0,86	1,011	1,34	1,043	1,82	1,184
0,39	1,477	0,87	1,009	1,35	1,045	1,83	1,188
0,40	1,450	0,88	1,008	1,36	1,047	1,84	1,191
0,41	1,424	0,89	1,007	1,37	1,050	1,85	1,195
0,42	1,400	0,90	1,005	1,38	1,052	1,86	1,199
0,43	1,378	0,91	1,004	1,39	1,054	1,87	1,202
0,44	1,356	0,92	1,003	1,40	1,057	1,88	1,206
0,45	1,336	0,93	1,002	1,41	1,059	1,89	1,209
0,46	1,317	0,94	1,002	1,42	1,062	1,90	1,213
0,47	1,299	0,95	1,001	1,43	1,064	1,91	1,217
0,48	1,281	0,96	1,001	1,44	1,067	1,92	1,220
0,49	1,265	0,97	1,000	1,45	1,070	1,93	1,224
0,50	1,250	0,98	1,000	1,46	1,072	1,94	1,228
0,51	1,235	0,99	1,000	1,47	1,075	1,95	1,231
0,52	1,221	1,00	1,000	1,48	1,078	1,96	1,235
0,53	1,208	1,01	1,000	1,49	1,080	1,97	1,239
0,54	1,196	1,02	1,000	1,50	1,083	1,98	1,242
0,55	1,184	1,03	1,000	1,51	1,086	1,99	1,246
0,56	1,173	1,04	1,001	1,52	1,089	2,00	1,250
0,57	1,162	1,05	1,001	1,53	1,092		

TABLE II.

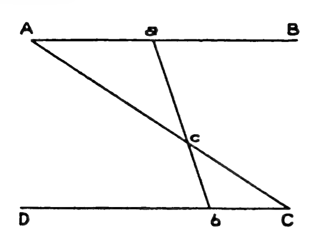
η.	δ.	η.	δ.	η.	δ.
0,10	9,0000	0,40	1,5000	0,70	0,4286
0,11	8,0909	0.41	1,4390	0.71	0,4085
0,12	7,3333	0,42	1,3810	0,72	0,3889
0,13	6,6923	0,43	1,3256	0,73	0,3699
0,14	6,1429	0,44	1,2727	0,74	0,3514
0,15	5,6667	0,45	1,2222	0,75	0,3333
0,16	5,2500	0,46	1,1739	0,76	0,3158
0,17	4,8824	0,47	1,1277	0.77	0,2987
0,18	4,5556	0.48	1,0833	0,78	0,2821
0,19	4,2632	0,49	1,0408	0,79	0,2658
0,20	4,0000	0,50	1,0000	0.80	0.2500
0,21	3,7619	0,51	0,9608	0,81	0,2346
0,22	3,5455	0,52	0,9231	0.82	0,2195
0,23	3,3478	0,53	0,8868	0,83	0,2048
0,24	3,1667	0,54	0,8519	0,84	0,1905
0,25	3.0000	0,55	0,8182	0,85	0.1765
0,26	2.8462	0,56	0,7857	0,86	0,1628
0,27	2,7037	0,57	0,7544	0,87	0.1494
0,28	2,5714	0,58	0,7241	0,88	0,1364
0,29	2,4483	0,59	0,6949	0,89	0,1236
0,30	2,3333	0,60	0,6667	0,90	0,1111
0,31	2,2258	0,61	0,6394	0.91	0.0989
0,32	2,1250	0,62	0,6129	0,92	0,0870
0,33	2,0303	9,63	0,5873	0,93	0.0753
0,34	1,9412	0,64	0,5625	0,94	0.0638
0,35	1,8571	0,65	0,5385	0,95	0,0526
0,36	1,7778	0,66	0,5152	0,96	0,0417
0,37	1,7027	0,67	0,4925	0.97	0,0309
0,38	1,6316	0,68	0,4706	0.98	0,0204
0,39	1,5641	0,69	0,4493	0,99	0,0101

TABLE III.

Coefficient de charge.	$\frac{\Delta_1}{\Delta_2}$.	Coefficient de charge.	$\frac{\Delta_1}{\Delta_2}$.	Coefficient de charge.	$\frac{\Delta_1}{\Delta_2}$.
0,50	0,588	1,05	0,825	1,55	1,063
0,55	0,606	1,10	0,849	1,60	1,085
0,60	0,624	1,15	0,873	1,65	1,107
0,65	0,644	1,20	0,897	1,70	1,139
0,70	0,664	1,25	0,921	1,75	1,151
0,75	0,685	1,30	0,945	1.80	1,172
0,80	0,707	1,35	0,969	1,85	1,192
0,85	0,729	1,40	0,993	1,90	1,212
0,90	0,752	1.45	1,031	1,95	1,231
0,95	0,776	1,50	1 040	2,00	1,250
1,00	0,800				

Abaques pour le calcul des rendements. — On trouvera plus commode de remplacer ces Tables par les abaques qu'elles permettent de construire.

Sur deux droites parallèles AB et CD, portons à partir de A et de C des graduations pour les différents rendements sur des longueurs proportionnelles aux δ correspondants. Si nous prenons sur AB un rendement maximum au point a et que nous le joignions sur CD au point b représentant le rendement correspondant pour un facteur de charge donnée, la proportionnalité des δ, correspondant à des charges en rapport fixe, nous indique que toutes les droites a et b correspondant aux mêmes facteurs de charge passent par le même point c situé nécessairement sur AC. Les points ainsi obtenus pour différents facteurs de charge donneront sur cette droite une graduation.



On voit immédiatement comment il sera facile de se servir de cette construction. Quand on connaîtra deux des trois termes : rendement maximum, facteur de charge, rendement à ce facteur de charge, on déterminera immédiatement le troisième en construisant la droite passant par les points correspondant aux deux éléments connus. Il ne sera pas, en pratique, nécessaire de tracer cette droite, et il suffira d'une règle ou d'un fil tendu pour lire directement la quantité cherchée.

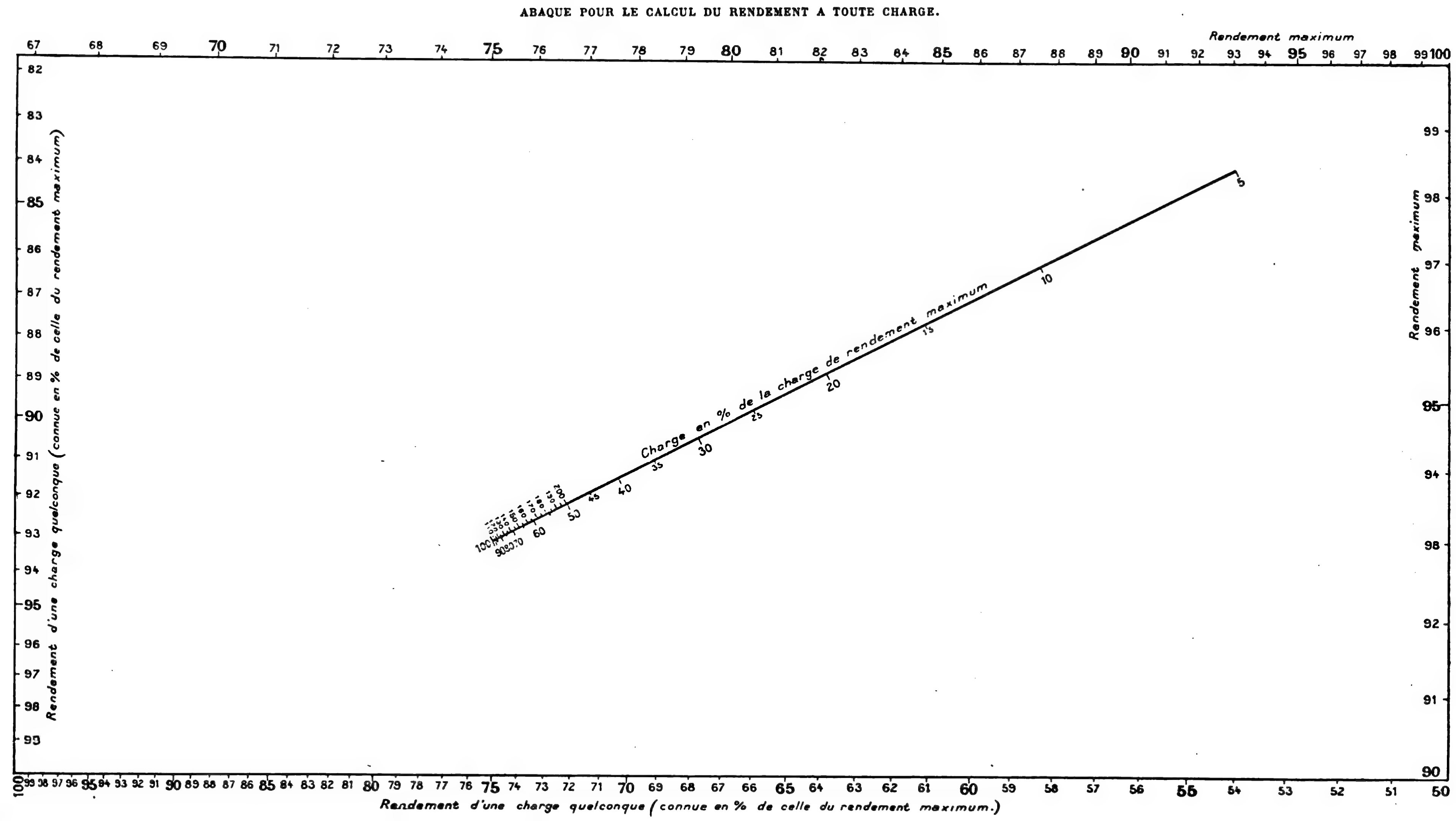
Si nous construisons un abaque analogue en portant sur AB et CD les rendements pour une charge et pour la charge moitié, la constance des rapports des δ, toutes les fois que ces charges sont les mêmes fractions de la charge de meilleur rendement, permettra de graduer AC en fractions de la charge du meilleur rendement.

Par une construction analogue à la précédente, quand on connaîtra pour une charge C et pour une charge $\frac{C}{2}$ les rendements d'une machine, on saura, en joignant les points correspondants sur les deux graduations, que la charge C est x pour 100 de la charge pour laquelle le rendement est maximum. On en déduira facilement cette charge de meilleur rendement et, par le premier abaque, la valeur du rendement maximum et du rendement à toutes charges. Ces deux abaques sont donnés pages 178 et 179.

Intérêt pratique de ces déterminations. — On voit par ce qui précède que, contrairement à ce qu'on pourrait supposer, il est tout à fait superflu de donner complètes des courbes de rendement qui n'ont absolument aucun caractère individuel pour les différents types de machines, tout au moins dans leur partie utilisable. Le rendement d'une machine est suffisamment défini quand on connaît sa valeur maximum et la charge correspondante. Le premier abaque permettra, avec ces données, de calculer immédiatement le rendement pour tous les régimes aussi rapidement qu'on pourrait le faire avec les courbes habituelles.

Les données fournies et la courbe elle-même ne comprennent presque jamais avec assez de netteté l'indication exacte de la charge de rendement maxi-

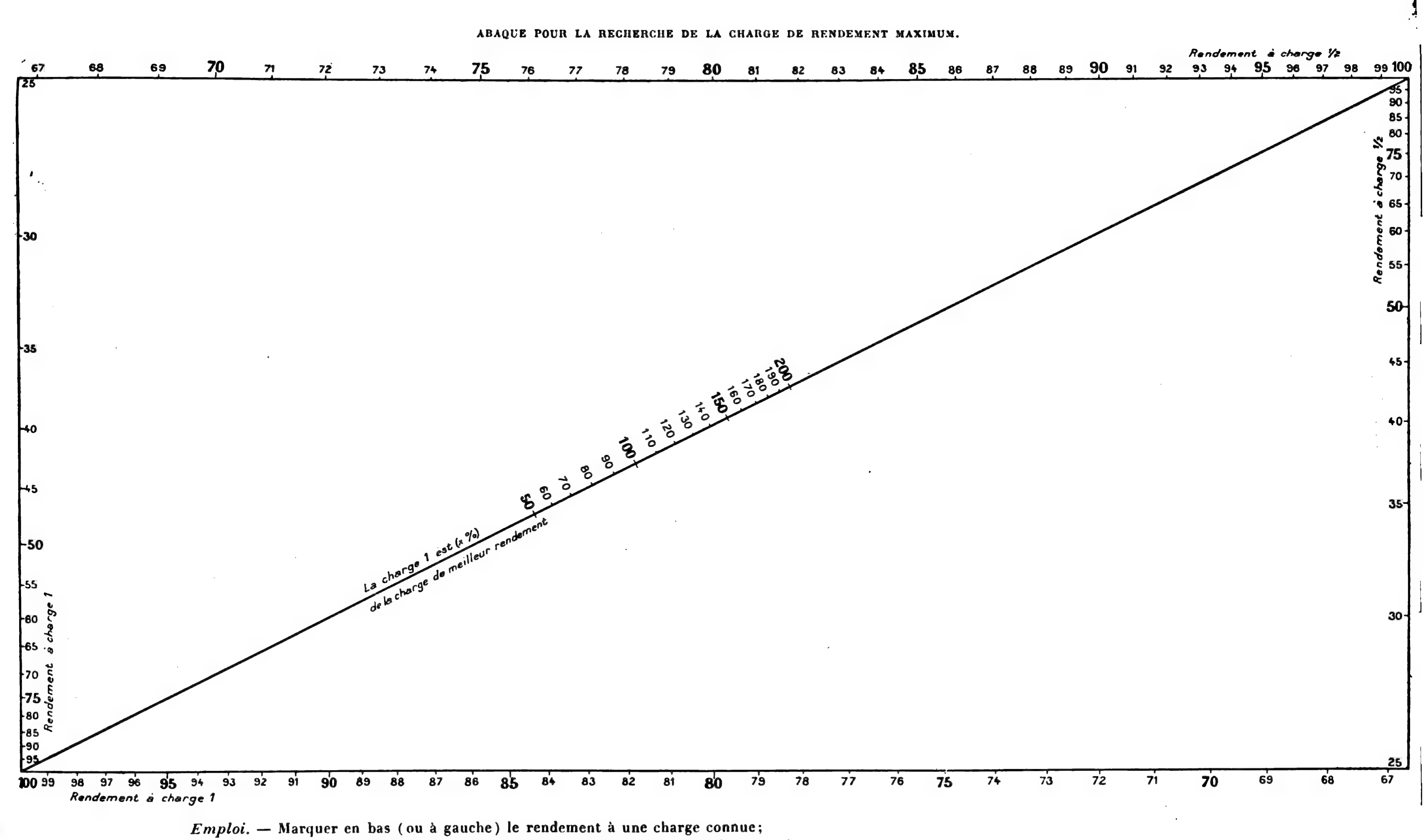
ABAQUE POUR LE CALCUL DU RENDEMENT A TOUTE CHARGE.



Emploi. — Pour une machine dont on connaît le rendement maximum et la charge correspondante, le rendement à une fraction donnée de cette charge s'obtient comme suit :

Prendre en haut (ou à droite) le point du rendement maximum. Le joindre, sur la diagonale, au point de la fraction de charge dont on veut connaître le rendement, et prolonger jusqu'au côté opposé. — Le chiffre du point de rencontre est le rendement à cette charge.

ABAQUE POUR LA RECHERCHE DE LA CHARGE DE RENDEMENT MAXIMUM.



Emploi. — Marquer en bas (ou à gauche) le rendement à une charge connue;
Marquer en haut (ou à droite) le rendement pour la moitié de cette charge.

Joindre en deux points, par une droite qui coupe la diagonale. — Le chiffre marqué au point de rencontre indique quel pour 100 la première charge est de la charge de meilleur rendement.

mum, qui est cependant d'un grand intérêt pour savoir quels sont les régimes économiques de la machine. Comme il est, au contraire, d'usage d'indiquer les rendements à pleine et à demi-charge, et souvent même au quart de charge, on aura, par le second abaque, la possibilité d'en déduire les données intéressantes de la courbe de rendement. On aura quelquefois le moyen de les déterminer en double, et la comparaison des deux déterminations sera une vérification utile des garanties données.

Quand on pourra procéder à l'essai direct, les renseignements fournis par ces abaques permettront de faire concourir tous les points déterminés à la détermination moyenne du rendement de la machine. Ce procédé sera très supérieur à celui que l'on emploie d'ordinaire et qui consiste à tracer avec plus ou moins d'habileté une courbe passant aussi près que possible des points déterminés par expérience. Voici comment il conviendra de procéder dans ce cas. On fera des essais à un certain nombre de charges et, avec le plus de précision possible, aux charges moitié ou double. On en déduira un certain nombre de valeurs de la charge de rendement maximum dont on prendra la moyenne.

Cette charge connue, si c'est possible on déterminera le rendement pour un grand nombre de points voisins de cette charge. La moyenne donnera le rendement maximum. On aura ainsi les deux éléments principaux de la courbe de rendement, et l'on vérifiera que les points relevés par expérience concordent suffisamment avec ces déterminations. Il est à remarquer que, en surcharge, toutes les fois que des expériences répétées seront en désaccord défavorable avec ces déterminations, ce sera le signe certain de quelque chose d'anormal dans le fonctionnement de la machine : pour une dynamo ou tout autre appareil à collecteur, c'est le signe d'une perte exagérée par commutation, perte qui peut souvent être très considérable sans que les étincelles soient bien visibles avec un collecteur neuf. Pour les appareils d'induction, ces anomalies du rendement seront en général le signe de fuites considérables, et, dans les moteurs asynchrones, l'avertissement que l'on commence à entrer dans la zone des fonctionnements instables.

R. Rougé.

LE LABORATOIRE ET LA SALLE D'ESSAIS.

Nous envisagerons le cas d'une grande Société construisant toutes sortes d'appareils électriques tels que : dynamos, transformateurs et appareillage, en règle générale. Beaucoup de constructeurs, en effet, ne peuvent se rendre compte par eux-mêmes des améliorations qu'ils pourraient apporter à la construction, c'est-à-dire au bon fonctionnement de leurs appareils, constatations que font ordinairement, soit le laboratoire, soit la plate-forme d'essais.

Ces deux services ont pour but de vérifier, d'étalonner, d'étudier d'une façon générale les appareils construits par l'usine dont ils font partie. Pour pouvoir effectuer ces essais et études, on doit disposer d'appareils de mesures perfectionnés et d'un atelier permettant d'exécuter sur place les modifications nécessaires à la marche des appareils. En premier lieu, nous dirons, et la majorité des constructeurs l'ont d'ailleurs compris, que le service des vérifications doit être autonome; nous entendons par là indépendant des autres services de l'usine, car alors il n'y a pas de raison pour que le budget de l'un étant trop chargé on ne le reporte sur l'autre, le service technique, et qu'on ne ralentisse ainsi la marche.

On ne doit pas bousculer le personnel qui y est attaché, et l'on doit lui donner toutes les facilités de recherches possibles, puisqu'en somme c'est le laboratoire qui est chargé de déterminer les types d'appareils. Dans cette étude, nous distinguerons : le laboratoire et la salle d'essais.

Le laboratoire. — Le laboratoire sera chargé d'exécuter les mesures de résistances en règle générale, c'est-à-dire faibles, moyennes et grandes résistances; les mesures de capacité de self-induction, etc.

Mesure des résistances. — Nous emploierons un pont de Wheatstone, un pont double de Kelvin et une installation spéciale d'isolement. Nous ne nous arrêterons pas sur les deux premières installations que nous supposerons connues du lecteur; seule celle d'isolement mérite une mention spéciale :

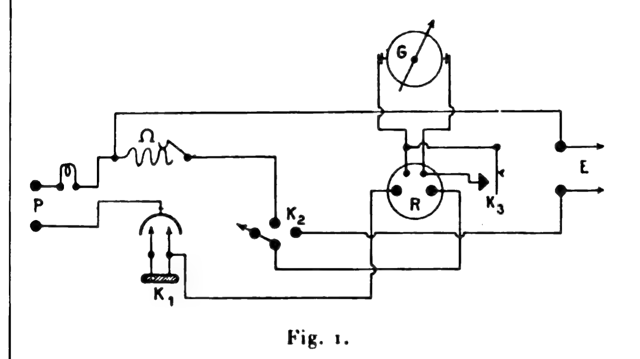


Fig. 1.

Elle comportera une table d'ébonite bien isolée de la terre, pour éviter les fuites, et se composera, comme on peut le voir sur la figure 1 : d'une résistance étalon Ω, dans le cas qui nous occupe un mégohm

divisible en 10 parties :

100000 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) ohms;

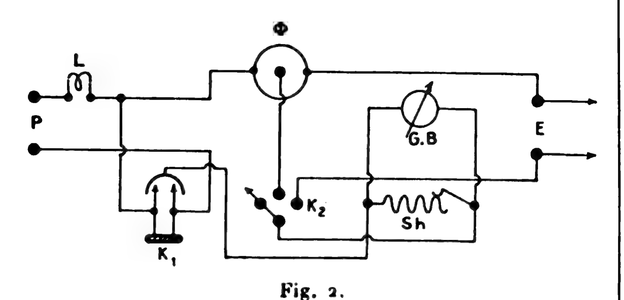


Fig. 2.

d'un commutateur de courant K_1, d'un commutateur K_2 permettant de passer de l'étalon Ω aux bornes d'essais E, d'un réducteur universel R, d'un galvanomètre G et de sa clé de court-circuit K_3. Pour faire une mesure, nous procéderons comme suit : l'installation étant supposée alimentée par une source d'électricité P (piles ou accumulateurs 110 volts), on ferme le commutateur K_1 qui donne le courant et l'on prend la constante du mégohm, en plaçant le commutateur K_2 sur le premier plot. Connaissant la déviation K de notre constante, nous tournons notre commutateur K_2 sur le deuxième plot, pour mesurer la résistance d'isolement de notre appareil à étudier; soient K' cette nouvelle déviation, *s* le shunt employé dans le premier cas pour le mégohm, et *s'* celui du deuxième, on sait que l'on a comme résistance d'isolement

$$R_I = \frac{ks}{k's'}.$$

Il est préférable d'employer un mégohm divisible, en ce sens que l'on peut avoir affaire à des galvanomètres plus ou moins sensibles, ou à des tensions plus ou moins fortes.

Mesure des capacités. — Nous emploierons la méthode de comparaison qui est la plus simple.

L'installation comprendra toujours un commutateur inverseur K_1 (*fig.* 2), un commutateur à deux directions K_2, un condensateur étalon Φ divisible en dix parties de 0,1 à 1 microfarad, une résistance réglable Sh du galvanomètre balistique GB, permettant d'avoir une déviation de constance donnée δ pour une capacité connue φ. Si δ' est celle de la capacité cherchée, on aura

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{\varphi}{\varphi'},$$

φ, φ' étant données en microfarads.

Ordinairement on règle le shunt de façon à avoir une déviation de 100^{mm} pour 1 microfarad; les autres capacités se lisent alors directement sur l'échelle puisque 1^{mm} correspond à 0,01 φ. On n'a plus qu'à multiplier le nombre de millimètres trouvés par $\frac{1}{100}$ pour avoir la capacité cherchée. On emploiera un commutateur K_1 à deux directions pour pouvoir faire les mesures à la charge et à la décharge : la capacité finale sera alors donnée par

$$\frac{\varphi + \varphi'}{2}.$$

La figure 3 nous montre comment on peut combiner les deux installations, isolement et capacité, en une seule. On n'a qu'à ajouter un commutateur de piles K qui nous donnera 110 volts pour l'isolement et 4 volts pour la capacité.

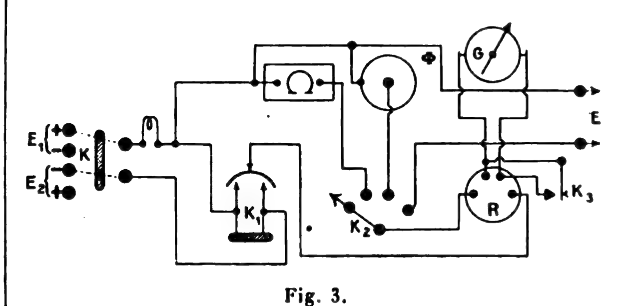


Fig. 3.

Pour la source de courant on utilisera soit des piles, soit des accumulateurs. Dans l'un comme dans l'autre cas on se servira d'un petit tableau se composant (*fig.* 4) de deux réducteurs rectilignes A, A' et d'un réducteur circulaire B. Le premier nous donnera les accumulateurs de un en un élément, et le deuxième de seize en seize, par exemple.

Pour les mesures d'isolement on prendra le courant sur les barres V qui, dépendant du réducteur A', permettent d'avoir une tension de mesure constante; les barres F seront utilisées pour les essais à faibles tensions.

Le local du laboratoire devra être à l'abri des trépidations occasionnées par les transmissions, les machines-outils et le passage des voitures.

La salle d'essais. — Placée près du laboratoire, cette salle comprendra six tableaux de distribution se rapportant à différents essais :

1° *Tableau* A (*fig.* 5). — Ce sera le panneau alternatif; nous supposerons recevoir le courant de deux machines de 110 volts, pouvant nous fournir du 220 volts et du 110 volts alternatif. On placera un ampèremètre sur chaque pont, de façon à bien égaliser les charges; un voltmètre permettra de constater au moyen d'un commutateur que les tensions sont aussi égales.

Pour faire des essais de charge à 110 volts, on réunira l'appareil à essayer aux bornes 3 et 3', et l'on manœuvrera les rhéostats R_1, R_2, ..., qui tous

sont en parallèle sur les barres, après avoir fermé l'interrupteur. On emploiera deux genres de rhéostats : métalliques et des lampes. Les seconds permettent de régler à une fraction d'ampère près, ce que l'on n'obtient pas avec les rhéostats métalliques. Une façon élégante de les installer consiste,

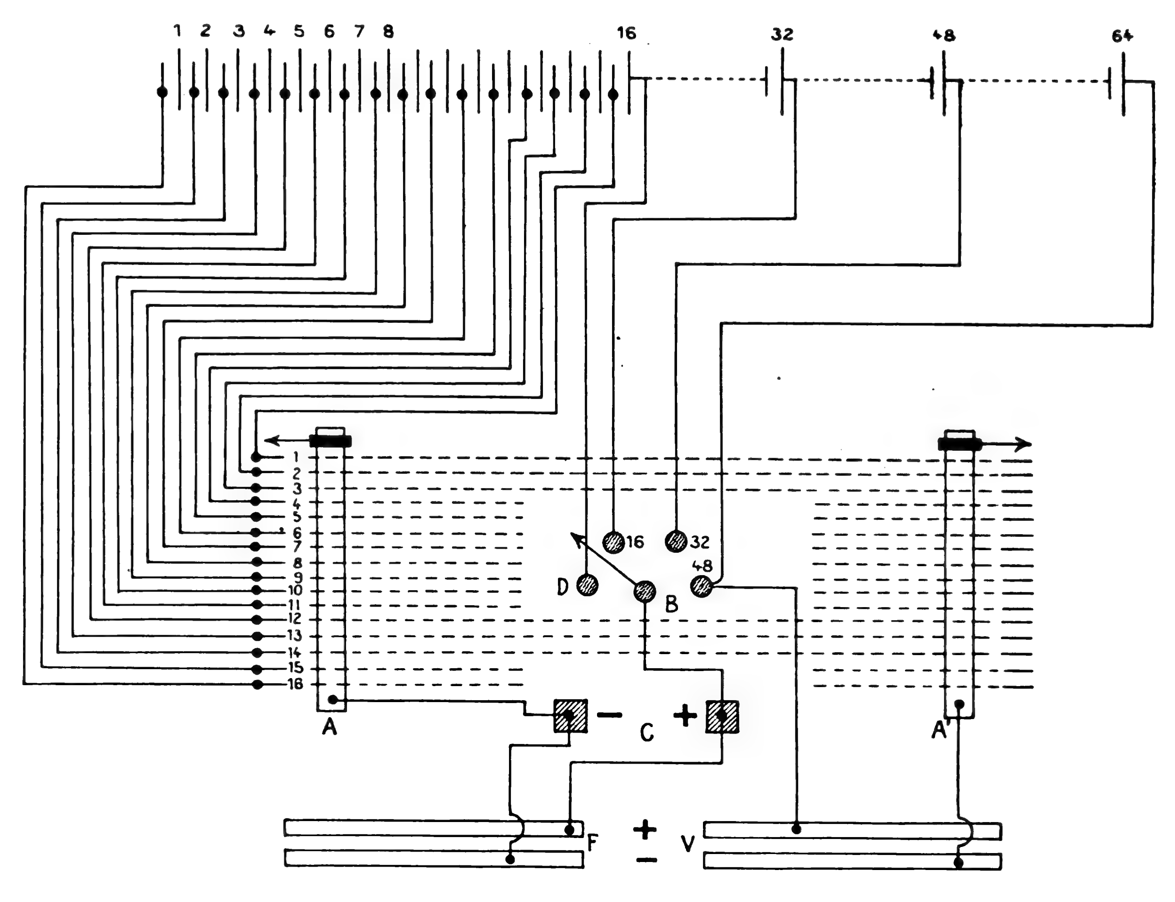


Fig. 4.

comme le montre la figure 6, à placer des lames de cuivre formant ressorts 1, 2, 3, 4, ..., reliées aux bornes des lampes, tandis que les autres bornes forment le retour commun. Un disque de cuivre, mû par une manivelle, introduit au fur et à mesure toutes les lampes en parallèle dans le circuit de l'appareil à essayer.

Avec le 220 volts, on relie l'appareil en essai aux bornes 1 et x, mais en ayant soin de mettre les rhéostats par deux, en série, ce que l'on obtient en réunissant la barrette de droite de R_1 à a_1, et celle de gauche de R_2 à a_1. On procédera de même pour les essais à 330-440-550 volts, en plaçant trois, quatre et cinq rhéostats en série.

Si l'intensité obtenue avec le tableau A est insuffisante, on réunira les bornes C du tableau à gauche avec les barres et l'on sera en communication avec celle du tableau C. Comme ses rhéostats seront en parallèle sur les mêmes barres, on n'aura qu'à les manœuvrer pour augmenter la charge.

2° *Tableau* B *et* C (*fig.* 7). — Le tableau C est identique au précédent : quatre machines à courant continu, 1, 2, 3, 4, peuvent être mises en parallèle ou en série par 2, 3 ou 4 sur les deux barres a et b, de même qu'elles peuvent être isolées les unes des autres. Si nous ne nous servons que des machines 1 et 2, on fermera l'interrupteur I_1 et l'on utilisera pour les essais les bornes B_{1-2} ou B_{3-4}, les rhéostats se manœuvrant toujours de la même façon.

Si l'on se sert des quatre machines on prendra les bornes B_{1-2} et B_{3-4} mises en parallèle et l'on fermera les deux interrupteurs. Il peut arriver qu'on soit appelé à effectuer deux essais à la fois sur ce tableau ; on enlève alors les verrous $c-d$, $e-f$ et

le tableau se trouve alors partagé en deux; d'un côté on pourra faire de l'alternatif par exemple et de l'autre du continu.

Quand nous aurons à inverser le sens du courant dans le cas d'un moteur, par exemple, nous placerons ce dernier aux bornes d'un des inverseurs et

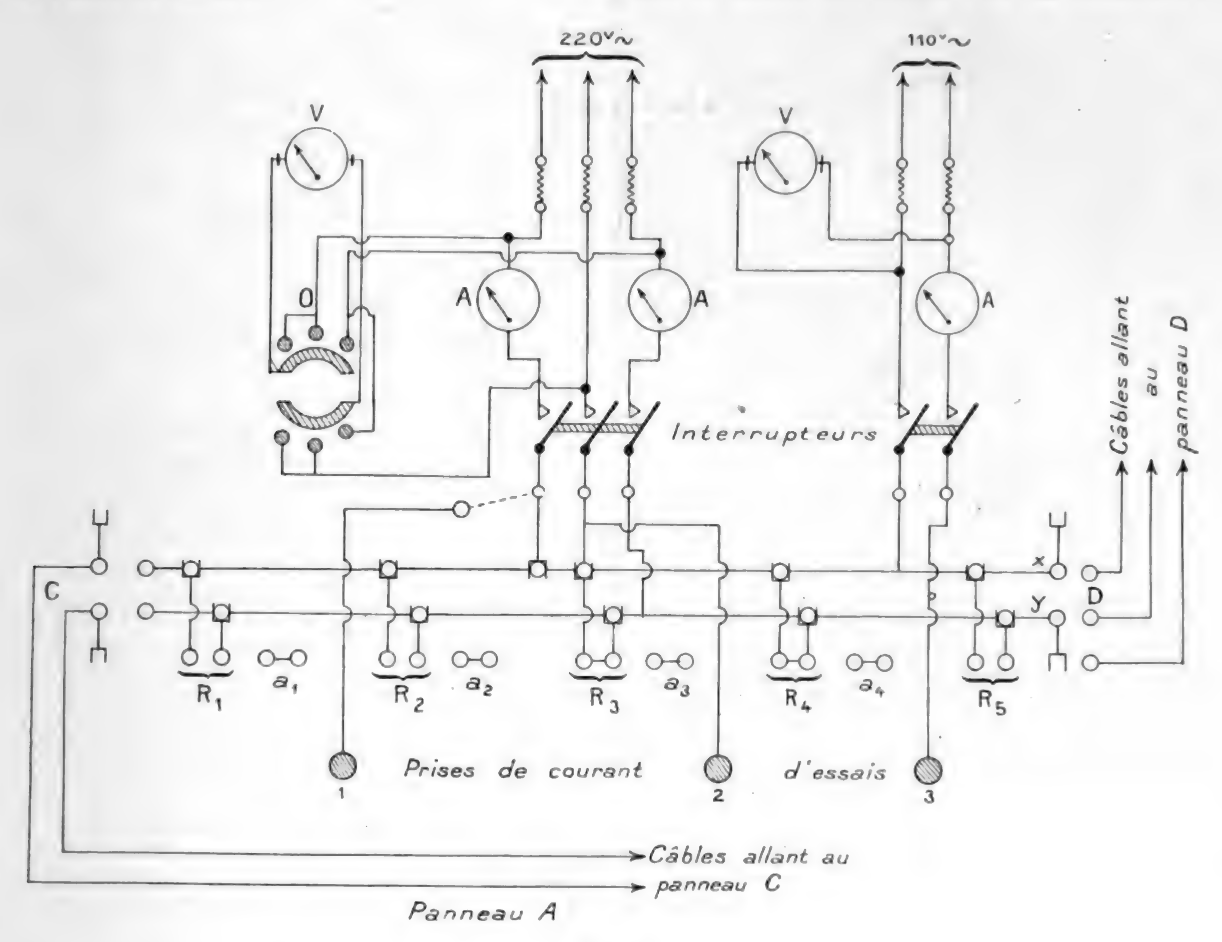


Fig. 5.

l'on fermera, soit en haut, soit en bas pour changer les pôles. Sur ce panneau arrive aussi le 220 volts et le 110 volts alternatif à volonté, nous n'aurons qu'à faire une simple relation par câble entre ce tableau et le panneau A.

Le voltmètre placé sur le tableau C permet, au moyen de son commutateur, de lire les voltages aux bornes de chaque machine, sur les barres et entre les bornes B_{1-2} et B_{3-4}; c'est-à-dire aux bornes de l'appareil à essayer.

3° *Tableau* C (*fig.* 8). — Pour graduer certains appareils tels que : disjoncteurs, voltmètres, etc., il importe d'avoir une tension que l'on puisse faire varier de 110 volts par exemple, en courant continu comme en alternatif jusqu'à 600 volts. Nous nous servirons d'une commutatrice mono et triphasée, marchant en génératrice; nous emploierons le minimum de barre sur le tableau en nous servant du schéma de la figure 8. Le rhéostat d'excitation y sera adapté, de façon à pouvoir faire varier le champ de la machine du tableau même. Les câbles d'utilisation iront sur le tableau A aux bornes D, et l'on pourra aussi y faire des essais de charge.

4° *Panneau d'accumulateurs.* — La table d'essais pourra être munie aussi d'une batterie d'accumulateurs. Pour cela on utilisera un tableau identique à celui de la figure 3.

Essais a haute tension. — Pour effectuer les essais d'électrisation des isolants, pour vérifier l'isolement des organes des machines sous tension, on devra avoir un ou plusieurs transformateurs monophasés de 440-15000 volts. Nous en emploierons quatre dont nous placerons les primaires en parallèle; quant à leurs secondaires, chaque bobine

devra avoir ses entrée et sortie connectées à deux bornes isolées par des porcelaines, ceci pour que

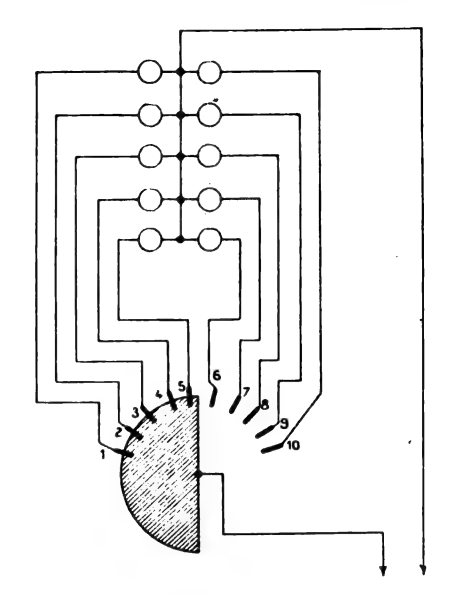


Fig. 6.

nous puissions avoir tous les voltages de 500 volts jusqu'à 15000 volts avec ou sans débit.

Nous aurons donc deux façons de faire varier la tension secondaire : 1° en faisant varier la tension commune des primaires; 2° en couplant les bobines du secondaire de différentes façons. Un petit tableau contiendra les voltmètres et ampèremètres de la haute tension, leurs transformateurs se trouvant

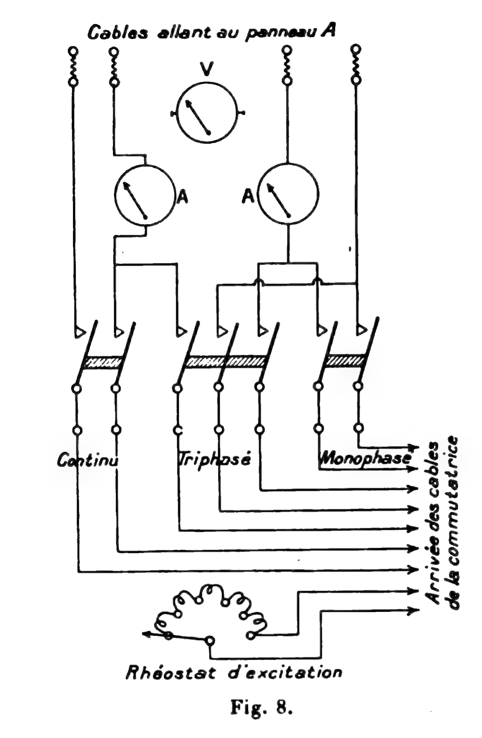


Fig. 8.

dans la salle des transformateurs. Comme il est dangereux d'approcher de tels appareils, on grilla-

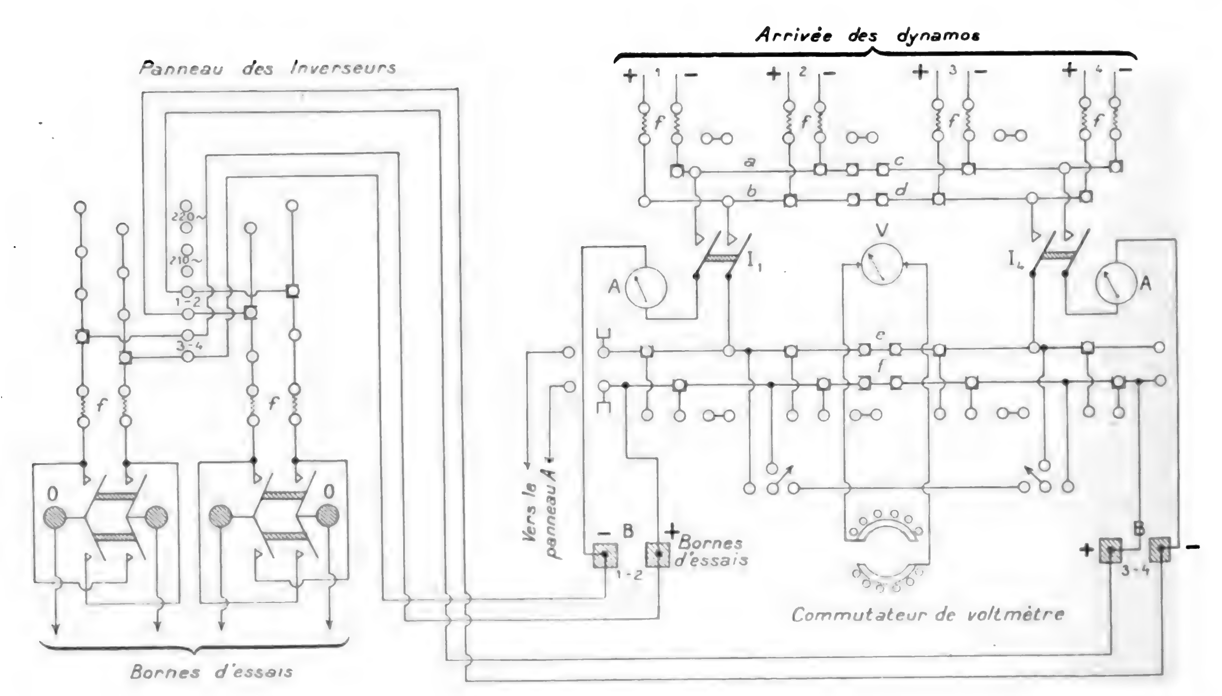


Fig. 7.

gera ces derniers de façon à éloigner les opérateurs tout en permettant leur surveillance.

Pour les essais de charge, simples, on devra avoir :

1° Une dynamo d'intensité, 6 volts 6000 ampères, mue par un moteur quelconque;

2° Un transformateur d'intensité, de 6 volts et 6000 ampères, alternatif.

F.-H. CINGET.

THERMOMÉTRIE.

Dispositif pour la détermination à distance de la température, par P. MILLET (*Bulletin technologique des Écoles nationales d'Arts et Métiers*, juin 1907, p. 436-445). — Ce dispositif utilise les variations de résistance qu'éprouve un conducteur électrolytique sous l'influence des variations de température; ces variations de résistances sont mesurées au moyen d'un pont de Wheatstone; pour éviter la polarisation des électrodes plongeant dans le conducteur électrolytique et la décomposition de celui-ci, le pont est alimenté par du courant alternatif, et l'équilibre du pont est reconnu au moyen d'un téléphone, suivant la méthode bien connue de Kohlrausch.

L'auteur montre tout d'abord l'avantage que présentent les conducteurs électrolytiques sur les conducteurs métalliques. En effet, si r est la résistance du corps thermométrique, α son coefficient de température, a la variation de température minimum que l'on veut évaluer, la variation de résistance correspondante est $ra\alpha$. D'autre part, si A est la variation de température qu'éprouve la ligne reliant le corps thermométrique au pont, R la résistance de cette ligne, α' son coefficient de température, la variation de résistance est $RA\alpha'$. Pour pouvoir évaluer a, il convient que la variation de résistance du corps thermométrique l'emporte sur celle de la ligne; donc on doit avoir

$$ra\alpha > AR\alpha',$$

ou

$$\frac{r}{R} > \frac{A\alpha'}{a\alpha}.$$

Comme la résistance R de la ligne ne peut être abaissée au-dessous d'une certaine limite, surtout si la ligne est longue, il faut par conséquent prendre r aussi grand que possible. Si l'on prend pour corps thermométrique un fil métallique, il faudra dès lors lui donner une longueur considérable et comme, dans les applications en vue par l'auteur, le corps thermométrique doit être parfaitement isolé, la masse de l'isolant sera très grande et rendra le thermomètre paresseux. Les électrolytes permettant d'obtenir de très grandes résistances sous un faible volume sont donc préférables; ils ont, en outre, l'avantage d'avoir un coefficient de température bien plus élevé.

L'auteur indique ensuite une application de ce dispositif à la détermination à distance de la température d'un réchauffeur d'eau. Le corps thermométrique est constitué par un tube en U, en verre mince d'Iéna, contenant de l'acide acétique à 60 pour 100 (conductivité à 18°, $4,56 \times 10^{-6}$ mégohms; coefficient de température, 0,0206). Deux électrodes de platine platiné [1] plongent dans les branches et se prolongent par deux fils de platine enfermés dans des tubes de verre dont la partie supérieure est évasée pour former godets à mercure. La ligne est formée de deux fils de $0^{mm},6$ de diamètre, d'isolement ordinaire et d'un développement de 300^{m}.

Cet appareil fut étalonné au moyen d'un thermomètre indiquant le dixième de degré. Les températures furent marquées de 5 en 5 degrés, depuis 15° jusqu'à 70°, sur la règle du curseur du pont à corde; par subdivisions, cette règle fut graduée en cinquièmes de degré. Une première expérience de contrôle montra que l'on pouvait compter sur une approximation du cinquième de degré; une seconde, faite 5 jours plus tard, fournit sensiblement les mêmes résultats; au bout de 17 jours, on pouvait encore compter largement sur une approximation d'un demi-degré, quoique une légère modification fût survenue dans la résistance du corps thermométrique par suite d'une attaque du verre par l'électrolyte. On peut d'ailleurs éviter cette modification en prenant des tubes en quartz, ainsi que l'auteur le fait actuellement pour de nouveaux appareils.

Pour l'exactitude des déterminations, il faut, bien entendu, que les résistances-étalons du pont ne subissent pas de variations importantes. Il en est ainsi, en général, quand ces résistances sont placées dans un local habité où les variations de température ne sont pas excessives. S'il en est autrement une correction devient nécessaire.

---

[1] Les électrodes en platine platiné, c'est-à-dire en platine recouvert de noir de platine, permettent de fixer le minimum téléphonique à moins d'un demi-millimètre sur la règle du pont, alors qu'avec du platine blanc et poli l'approximation est de 1^{mm} à 2^{mm}. Le platinage se fait par électrolyse, d'après les indications de P.-Th. Muller, avec une solution de 3 pour 100 de chlorure de platine du commerce, à laquelle on ajoute $\frac{1}{4000}$ de son poids d'acétate de plomb; l'électrolyse dure environ 5 minutes avec une force électromotrice de 4 volts et en réglant le courant jusqu'à ce qu'on voie un faible dégagement gazeux. Le platinage terminé, on lave un grand nombre de fois les électrodes avec de l'eau tiède.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société des Forces motrices d'Auvergne. — A l'assemblée générale ordinaire du 25 avril, le Conseil d'administration a déposé son rapport sur l'exercice 1906, le troisième de la Société depuis la mise en exploitation de ses installations qui eut lieu en 1903. Le rapport relatif à l'exercice précédent ayant été reproduit en entier dans ces colonnes (numéro du 30 décembre 1906, p. 380 à 382), nous nous bornerons à quelques indications sommaires sur l'exercice 1906.

	fr
Les recettes de l'exploitation et bénéfices sur installations, en augmentation de 89902fr,81 sur les recettes de 1905, s'élèvent à	337329,92
Les frais d'exploitation et d'entretien du matériel hydraulique et électrique atteignent	132769,33
les frais d'exploitation de l'usine à vapeur de secours à	70328,75
les frais généraux à	7745,25
Les bénéfices de l'exploitation (qui étaient de 85024fr,28 en 1905), ressortent ainsi à	90110,19

et eussent atteint 160000fr environ si la persistance d'une sécheresse rigoureuse pendant 5 mois n'eût entraîné une dépense d'environ 70000fr nécessitée par la marche presque continue de la machine à vapeur pendant cette longue période.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

CRÉDIT. — Bénéfices d'exploitation	90110,19
Sommes reçues en juillet 1906 à la suite de la résiliation d'un contrat avec la Compagnie du gaz de Clermont-Ferrand :	
1° Remboursement de la valeur des appareils de mesure et de partie de kiosque incendié à Pont-de-Château	8000 »
2° Participation de la Compagnie du gaz à l'amortissement des lignes	28566,95
3° Indemnité de résiliation pour les années 1907 à 1910	175878,90
Total	302556,04
DÉBIT. — Solde débiteur de l'exercice 1905, reporté à nouveau	17126,68
Intérêts de la dette obligataire	44516,25
Intérêts sur avances en compte-courant	19513,83
Amortissement de 43 obligations	21500,00
Total	102656,76
SOLDE CRÉDITEUR	199899,28

AMORTISSEMENTS.

Conformément à l'article 43 des Statuts, le Conseil d'administration a décidé de procéder aux amortissements suivants :

Apports payés en espèces qui seront réduits à 75000fr.	60000
Prime de remboursement des obligations qui sera réduite à 48925fr.	1075 »
Frais de constitution et d'émission qui seront réduits à 70000fr.	69408,40
Étude et projets divers qui seront réduits à 5000fr.	11515,48
Capital de premier établissement qui sera réduit à 3859702fr,61.	8000 »
Outillage, mobilier et agencement qui sera réduit à 40000fr.	4272,36
Soit un total d'amortissement de	154271,24

Après ces divers prélèvements, il restera un solde créditeur de 45628fr,04 que le Conseil propose de reporter à nouveau.

SITUATION FINANCIÈRE.

	fr
DÉPENSES ET ENGAGEMENTS. — Apports payés en espèces	135000 »
Prime de remboursement des obligations	50000 »
Frais de constitution et d'émissions	139408,40
Études et projets divers (en augmentation de 3864fr,74)	16315,48
Capital de premier établissement (en augmentation de 116574fr,84 par suite des installations à l'usine de Sauviat, de la ligne de Vichy et de l'extension normale du réseau)	3867702,61
Acquisition de terrains et immeubles	369033,85
Mobilier, outillage, agencement (en augmentation de 7016fr,90)	44272,36
Les dépenses et engagements au 31 décembre 1906 (en augmentation de 127456fr,48 sur l'exercice précédent) sont donc de	4621932,70
DISPONIBILITÉS. — Loyers d'avance et cautionnement	1880,50
Caisses et banques	10073,25
Créances exigibles	53014,40
Créances à termes	17248,35
Installations en location	2075,54
Installations amortissables	16766,59
Marchandises en magasin	31257,13
Les disponibilités au 31 décembre 1906, s'élèvent donc à	132315,76
EXIGIBILITÉS. — Sommes dues aux entrepreneurs	16385,45
Comptes courants en banque	376560,64
Sommes dues à divers fournisseurs	37922,89
Effets à payer	120000 »
Coupons et obligations restant à payer	3480,20
Les exigibilités au 31 décembre 1906 montent donc à	554349,18

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1906.

Actif. — Déduction faite des amortissements proposés, il comprend :

	fr
1° *Comptes d'ordre et divers.* — Apports payés en espèces	75000 »
Prime de remboursement des obligations	48925 »
Frais de constitution et d'émission	70000 »
Études et projets divers	5000 »
2° *Immobilisations.* — Capital de premier établissement	3859702,61
Acquisition de terrains et immeubles	369033,85
Outillage et agencement	40000 »
3° *Actif réalisable*	132315,76
	4599977,22



Passif. — Capital social, actions	3 000 000 »
Obligation 4,50 pour 100	978 500 »
Réserve d'amortissement par suite d'obligations remboursées	21 500 »
Créditeurs divers	554 349,18
Profits et pertes (solde créditeur)	45 628,04
	4 599 977,22

Société havraise d'Énergie électrique. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale ordinaire du 27 avril 1907, nous extrayons les renseignements qui suivent sur les résultats de l'exercice 1906 (1) :

TERRAINS. — Par suite d'acquisitions nouvelles et de cessions, la Société possède actuellement 7470m² de terrains d'un seul tenant, qui figurent à l'actif pour 634 016fr,33 (en augmentation de 181 290fr,50 sur l'exercice précédent).

USINE. — Les chaudières, moteurs et dynamos sont en même nombre que l'an dernier (puissance 5120 kilowatts). Des économiseurs Green comprenant 1024 tubes ont été installés.

CANALISATIONS. — Au 31 décembre la longueur totale était de :

	m
Canalisations lumière	74 984
Canalisations force motrice	11 799
soit un total de	86 783
en augmentation de	3 767

Les postes de transformation sur ou sous voies publiques étaient au nombre de 95 (en augmentation de 7).

EXPLOITATION. — Le nombre des abonnés pour la lumière et la force motrice était de 2804, en augmentation de 131.

2839 lampes à incandescence et 40 lampes à arc ont été reliées au réseau dans le cours de l'exercice. Au 31 décembre le nombre total de lampes reliées équivalait à 95 805 lampes de 10 bougies, en augmentation de 3735. Le nombre moyen de lampes par 100m de canalisation était d'environ 127.

Le nombre des compteurs en service était de 2958, en augmentation de 143.

RÉCLAMATION DE L'ENREGISTREMENT. — La Chambre civile de la Cour de cassation, par un arrêt rendu le 19 novembre 1906, a définitivement donné gain de cause à la Société. Elle a, en effet, rejeté le pourvoi formé par l'Enregistrement contre le jugement du Tribunal civil de la Seine du 9 mai 1902, qui l'avait débouté de sa demande en paiement d'une somme de 103 333fr,34, de taxe sur le revenu sur le prix d'achat des 20 000 parts de fondateur que la Société avait mises en portefeuille.

Le fond de réserve spécial de 150 000fr, qui a été constitué en 1903 pour faire face éventuellement à la réclamation de l'Enregistrement, sera employé à pratiquer des amortissements nouveaux.

OBLIGATIONS. — L'Assemblée générale du 11 avril 1905 a autorisé le Conseil à créer 2000 obligations nouvelles, du même type que les 10 000 déjà existantes. Mais, jusqu'à ce jour, il n'y a pas eu à recourir à l'émission de ces obligations, malgré l'achat de nouveaux terrains et l'augmentation du compte de premier établissement dont vous trouverez ci-après le détail.

BILAN. — Les augmentations qui ont eu lieu en 1906 sont les suivantes :

		fr
Terrains. — Montant de l'achat fait à la Société des Grands Moulins de Corbeil, comprenant les frais d'acte et déplacement de la rue Nillus		181 290,50
Constructions	6894,25	
Dynamos	26,40	
Machines	1281,05	
Chaudières	652,20	
Tuyauterie	3218,50	
Matériel courant et outillage	10707,05	22 779,45
Canalisations	38566,05	
Branchements	13561,05	
Colonnes montantes	130,25	
Transformateurs	812,55	
Compteurs	6552,05	59 621,95
Total		263 691,90

AMORTISSEMENTS. *Amortissement du Capital.* — En se conformant à l'article 36 des statuts, le Conseil d'administration a décidé d'amortir, sur les bénéfices de l'année 1906, 400 actions au lieu de 200 comme il l'avait fait les années précédentes.

Amortissements divers. — Il a été amorti sur les comptes ci-après :

Frais et honoraires (procès de l'Enregistrement)	5 000 »
Primes de remboursement sur obligations anciennes	160 000 »
Primes de remboursement sur obligations nouvelles	2 835 »
Canalisations et travaux du port	35 000 »
Compteurs	42 032,05
Installation des particuliers	301 »
Total	245 168,05

Ces amortissements ont eu, au passif, la contre-partie suivante :

Réserve spéciale (pour procès Enregistrement)		150 000 »
Amortissement d'actions	50 000	
Amortissement d'obligations	37 800	
		fr 87 800 »
Prélèvement sur les bénéfices		7 368,05
Total égal		245 168,05

PROFITS ET PERTES. — Les recettes de toute nature se sont élevées à		1 561 372,05
Les frais d'administration et d'exploitation à		765 996,29
Produits nets		795 375,76
De cette somme il faut déduire les charges des obligations		154 968 »
Bénéfices nets		640 407,76
Pour compléter les 245 168fr,05 d'amortissements dont il vient d'être parlé, le Conseil a prélevé sur les bénéfices		7 368,05
Reste une somme disponible de...		633 039,71
sur laquelle il y a lieu de prélever, conformément à l'article 36 des statuts, pour :		
Amortissement de 200 actions	50 000 »	
Amortissement supplémentaire de 200 actions	50 000 »	100 000 »
Reste		533 039,71
dont 5 pour 100 à la réserve légale		26 652,71
Reste à répartir		506 387 »

que le Conseil propose de distribuer comme suit :

(1) Le rapport relatif à l'exercice 1905 a été reproduit en entier dans le numéro du 15 décembre 1906, p. 350 à 352.

Intérêt de 4 pour 100 aux 17800 actions de capital	178000 »	
Dividende de 10fr à 20000 actions de capital et de jouissance	200000 »	
10 pour 100 aux administrateurs sur 222222fr,20	22222,20	
Part bénéficiaire de l'Ingénieur-Directeur	4162,50	
		404384,70
Reste un solde créditeur de		102002,30
qui, ajouté au reliquat de l'exercice 1905, de		277131,34
donne un total de		379133,64

qui est reporté à l'exercice 1907.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1906.

Actif.

Caisse et Banques	334931,91	
Quittances à recouvrer	220261,57	
		555193,48
Terrains		634016,33
Concession : Usine, Bâtiment, Matériel et Divers. Transformateurs, Branchements		5770303,56
Canalisations	1628814,85	
A déduire amortissements 1906	35000 »	
		1593814,85
Compteurs	219258,85	
A déduire amortissements 1906	42032,05	
		177226,80
Marchandises en magasin		91268,40
Débiteurs divers		57603,37
Primes de remboursement d'obligations nouvelles	206754,75	
A déduire amortissements 1906	2835 »	
		fr 203919,75
Installations de particuliers		1 »
Frais de constitution		1 »
Installation éclairage public		1 »
Total		9083349,54

Nota. — Le total des amortissements effectués au 31 décembre 1906 s'élève à 1745689fr, 46.

Passif.

Capital actions		5000000 »	
A déduire 2200 actions amorties		550000 »	
			4450000 »
Capital obligations : 9638 obligations à 300fr			2891400 »
Obligations à rembourser (tirage 1906)		37800 »	
Coupon 2e semestre 1906 sur obligations		58584 »	
Titres amortis à rembourser et coupons échus à payer (anciens)		9411,28	
Créditeurs divers		250389,65	
			356184,93
Réserve légale	197959,51		
Fonds d'amortissement	277634,05		
		475593,56	
Profits et Pertes 1905 (reliquat)	277131,34		
Profits et Pertes 1906 (solde créditeur)	633039,71		
		910171,05	
			1385764,61
Total			9083349,54

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Pertes.

Charge des obligations	154968 »
Prélèvement sur les bénéfices pour compléter les amortissements s'élevant à 245168fr,05	7368,05
Bénéfice net	633039,71
Total	795375,76

Profits.

Fournitures d'électricité : éclairage, force motrice et recettes accessoires	1561372,05	
A déduire :		
Frais d'administration et d'exploitation	765996,29	
Produit net d'exploitation		795375,76
Total		795375,76

Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan. — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 27 avril 1907, nous extrayons les renseignements suivants relatifs à l'exercice 1906 (1) :

SITUATION FINANCIÈRE.

La situation au 1er janvier 1907 est donnée par le Tableau suivant :

Actif.

Actionnaires		fr 600000 »
Frais de premier établissement	95509,49	
Amortissements	95508,49	1 »
Concessions	144383 »	
Amortissements	34000 »	110383 »
Bréda : chutes, terrains, bâtiments	771387,71	
Matériel hydraulique	138670,30	
Matériel électrique	222423 »	1132481,01
Cernon : chutes, terrains, bâtiments	226533,90	
Matériel hydraulique	114046,90	
Matériel électrique	86458,60	427039,40
Carbure	144207,30	
Amortissements	94207,30	50000 »
Lignes primaires		376111,49
Lignes secondaires		172850,62
Transformateurs-abaisseurs	140901,60	
Amortissements	24701,60	116200 »
Matériel	30762,70	
Amortissements	14762,70	16000 »
Mobilier	2912,54	2000 »
Amortissements	912,54	
Magasins		4162,67
Compteurs	55779,60	
Amortissements	26329,60	29450 »
Cautionnement		45522,35
Caisse : espèces en caisse ou en banque		159680,08
Débiteurs divers		62256,83
Installation des bâtiments militaires	20608,15	
Amortissements	17108,15	3500 »
Installation des bâtiments communaux	10159,48	

(1) Le rapport relatif à l'exercice 1905 a été publié presque en entier dans le numéro du 30 octobre 1906, pages 253 à 255.

Amortissements	6159,48	4000 »
Installations gratuites	77720,55	
Amortissements	55122,47	22598,08
Avances sur affaires en litiges	2569,65	
Amortissements	2569,65	
Primes de remboursement		26040 »
		3360276,53

Passif.

		fr
Capital-Actions		2000000 »
Capital-Obligations	1000000 »	
Amortissements	90500 »	909500 »
Réserve légale		21206,21
Réserve extraordinaire		60000 »
Créanciers divers		192446,85
Compte courant		40000 »
Nantissements		7500 »
Obligations amorties restant à rembourser		9000 »
Dividendes restant à payer		3557,95
Coupons d'obligations		11153,82
Réserve pour amortissement de 67 obligations		33500 »
Dividende 6 pour 100		72000 »
Solde à reporter		411,70
		3360276,53

Si l'on compare ce Tableau à celui donnant la situation au 1er janvier 1906, on constate les différences suivantes :

Au compte *concession,* augmentation de 29383fr, par suite de l'acquisition de la concession d'éclairage de Saint-Pierre-d'Albigny, ainsi que des installations existantes;

Au compte *usine de Cernon,* augmentation de 96096fr,40, dont 89961fr,40 pour la réfection de la conduite forcée (600m de chute) et le reste pour indemnités aux usiniers d'aval;

Au compte *lignes primaires,* augmentation de 115215fr,70 dont 100000fr environ pour la nouvelle ligne des Marches à Saint-Pierre-d'Albigny et le surplus pour installation de parafoudres en exécution de divers branchements;

Au compte *transformateurs,* augmentation de 20650fr pour achat de 8 transformateurs abaisseurs de tension;

Au compte *capital-actions,* augmentation de 800000fr représentant l'augmentation de capital autorisée par l'Assemblée du 24 novembre 1906; sur cette somme, le premier quart, plus la prime, soit 264000fr, ont été versés en 1906; aussi les trois autres quarts, soit 600000fr, restant dus par les actionnaires, sont-ils inscrits à l'actif; quant à la prime de 64000fr, le solde, après prélèvement du montant de la commission de garantie d'émission, a été inscrit à la réserve extraordinaire qui se trouve, de ce chef, augmentée de 24000fr;

Au compte *dividende,* augmentation de 7200fr, le dividende ayant pu être porté à 6 pour 100 cette année.

Les autres articles n'offrent pas de différences ou ne présentent que des modifications insignifiantes.

Frais généraux. — Voici la situation de ce compte :

	fr
Appointements, salaires, émoluments du Conseil d'administration et du commissaire des comptes, etc	57722 »
Frais d'exploitation et divers	54531,47
Réparations et entretien	23857,15
Intérêts et impôts sur le revenu, et intérêts de banque	40129,88
A divers	5166,83
	181407,33

Le montant des frais généraux proprement dits, c'est-à-dire abstraction faite des intérêts relatifs aux emprunts obligataires et autres, s'élève donc à 136110fr,62 contre 116872fr,46 en 1905. Les dépassements portent pour 6366fr,70 sur le chapitre : appointements, salaires, etc., pour 10102fr,31 sur les frais d'exploitation et pour 5800fr environ sur les réparations et entretien.

Profits et pertes. — Les recettes comprennent :

	fr
Éclairage public	26242,15
Éclairage particulier	239386,95
Force motrice	96028,65
Location d'appareils	9544,25
	371202,00
A déduire :	
Solde des comptes Profits et Pertes	2538,40
	368663,60

Bénéfices, amortissements. — La balance des comptes Frais généraux et Profits et Pertes fait ressortir un bénéfice de 187256fr,27, en augmentation de 12068fr,12 sur celui de l'exercice précédent.

Les amortissements prélevés sur ce bénéfice s'élèvent à 102622fr,50; en voici le détail :

	fr
Provision pour le remboursement de 67 obligations à effectuer en 1907	33500 »
Frais de premier établissement	49999 »
Matériel	3056,10
Mobilier	912,54
Installations bâtiments militaires	2500 »
Installations bâtiments communaux	1000 »
Installations gratuites chez particuliers	9085,21
Avances sur affaires en litige	2569,65
	102622,50

En outre, le Conseil a porté en diminution des comptes d'actifs suivants les 31500fr affectés au remboursement des 63 obligations sorties au dernier tirage :

	fr
Compte de premier établissement	5000
Concession	9000
Carbure	5000
Compteurs	2500
Transformateurs	5000
Installations gratuites des particuliers	5000
	31500

Comme conséquence du prélèvement des 102622fr,50 ci-dessus les bénéfices nets de l'exercice 1906 ressortent à 84633fr,77 qui sont répartis comme suit :

	fr	
A la réserve légale 5 %	4231,77	
A la réserve extraordinaire	5800 »	
Dividende 5 % aux actionnaires	60000 »	fr
	70031,77	70031,77

Sur le solde, soit 14602fr, il sera prélevé, conformément à l'article 45 des statuts :

1° 5 % à la disposition du Conseil, pour être distribué au personnel à titre de gratifications	730,10
2° 10 % au Conseil d'administration	1460,20
3° Dividende supplémentaire 1 % aux actionnaires	12000 »
4° Solde à reporter à nouveau	411,70
Total égal	84633,77

DOCUMENTS OFFICIELS.

Décrets du 11 juillet 1907 concernant la protection dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques. — Sur rapport du Ministre



du Travail et de la Prévoyance sociale, deux décrets ont été signés par le Président de la République.

Le premier abroge l'Article 17 du décret du 29 novembre 1904 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs. Le second réglemente les mesures de protection; en voici le texte :

Section I : Prescriptions générales.

Art. 1. — Les installations électriques doivent comporter des dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre.

Suivant cette tension, les installations électriques sont classées en deux Catégories.

Première Catégorie. — A. *Courant continu.* — Installations dans lesquelles la plus grande tension de régime entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts.

B. *Courant alternatif.* — Installations dans lesquelles la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 150 volts.

Seconde Catégorie. — Installations comportant des tensions respectivement supérieures aux tensions ci-dessus.

Section II : Installations de machines, appareils et lampes électriques.

Art. 2. — Les machines électriques sont soumises, en outre des prescriptions générales du décret du 29 novembre 1904, et notamment de celles des articles 12, 14 et 15 de ce décret, aux prescriptions spéciales suivantes :

Pour celles qui appartiennent à des installations de la seconde Catégorie, les bâtis et pièces conductrices non parcourues par le courant doivent être reliés électriquement à la terre, ou isolés électriquement du sol. Dans ce dernier cas, les machines sont entourées par un plancher de service non glissant, isolé du sol et assez développé pour qu'il ne soit pas possible de toucher à la fois à la machine et à un corps conducteur quelconque relié au sol.

La mise à la terre ou l'isolement électrique est constamment maintenu en bon état.

Les mêmes prescriptions sont applicables aux transformateurs dépendant d'installations de la seconde Catégorie; ces appareils ne doivent être accessibles qu'au personnel qui en a la charge.

Art. 3. — Si une machine ou un appareil électrique de la seconde Catégorie se trouve dans un local ayant, en même temps, une autre destination, la partie du local affectée à cette machine ou à cet appareil est rendue inaccessible par un garde-corps ou un dispositif équivalent à tout autre personnel que celui qui en a la charge; une mention indiquant le danger doit être affichée en évidence.

Art. 4. — Dans les locaux destinés aux accumulateurs, dans les ateliers qui contiennent des corps explosifs et dans ceux où il peut se produire soit des gaz détonants, soit des poussières inflammables, il est interdit d'établir des machines électriques à découvert, des lampes à incandescence non munies de double enveloppe, des lampes à arc ou aucun appareil pouvant donner lieu à des étincelles, sans qu'ils soient pourvus d'une enveloppe de sûreté les isolant de l'atmosphère du local.

La ventilation des locaux destinés aux accumulateurs doit être suffisante pour assurer l'évacuation continue des gaz dégagés.

Section III : Tableaux de distribution et locaux.

Art. 5. — Pour les tableaux de distribution de courants appartenant à la première Catégorie, les conducteurs doivent présenter les isolements et les écartements propres à éviter tout danger.

Pour les tableaux de distribution portant des appareils et pièces métalliques de la seconde Catégorie, le plancher de service, sur la face avant (où se trouvent les poignées de manœuvre et les instruments de lecture), doit être isolé électriquement et établi comme il est dit ci-dessus au sujet des machines.

Quand les pièces métalliques ou appareils de la seconde Catégorie sont établis à découvert sur la face arrière du tableau, un passage entièrement libre de 1^m de largeur et de 2^m de hauteur au moins est réservé derrière lesdits appareils et pièces métalliques; l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef, laquelle ne peut être ouverte que par ordre du chef de service ou par ses préposés à ce désignés; l'entrée en sera interdite à toute autre personne.

Art. 6. — Les passages ménagés pour l'accès aux machines et appareils de la seconde Catégorie placés à découvert ne peuvent avoir moins de 2^m de hauteur; leur largeur mesurée entre les machines, conducteurs ou appareils eux-mêmes aussi bien qu'entre ceux-ci et les parties métalliques de la construction, ne doit pas être inférieure à 1^m.

Dans tous les locaux, les conducteurs et appareils de la seconde Catégorie doivent, notamment sur les tableaux de distribution, être nettement différenciés des autres par une marque très apparente (une couche de peinture par exemple).

Dans les locaux où le sol et les parois sont très conducteurs, soit par construction, soit par suite de dépôts salins résultant de l'exercice même de l'industrie ou par suite d'humidité, on ne doit jamais établir, à la portée de la main, des conducteurs ou des appareils placés à découvert.

Art. 7. — Les salles des machines génératrices d'électricité et les sous-stations doivent posséder un éclairage de secours continuant à fonctionner en cas d'arrêt du courant.

Section IV : Installation des canalisations.

Art. 8. — Les canalisations nues appartenant à une installation de la seconde Catégorie doivent être établies hors de la portée de la main sur des isolateurs convenablement espacés et être écartées des masses métalliques, telles que piliers ou colonnes gouttières, tuyaux de descente, etc.

Les canalisations nues appartenant à une installation de la première Catégorie établies à l'intérieur, et qui sont à portée de la main, doivent être signalées à l'attention par une marque bien apparente; l'abord en est défendu par un dispositif de garde.

Les enveloppes des autres canalisations doivent être convenablement isolantes.

Aucun travail n'est entrepris sur des conducteurs de la première Catégorie en charge sans que des précautions suffisantes assurent la sécurité de l'opérateur.

Des dispositions doivent être prises pour éviter l'échauffement anormal des conducteurs, à l'aide de coupe-circuit, plombs fusibles ou autres dispositifs équivalents.

Toute installation reliée à un réseau comportant des lignes aériennes de plus de 500^m doit être suffisamment protégée entre les décharges atmosphériques.

Art. 9. — Les colonnes, les supports, et, en général, toutes les pièces métalliques de la construction qui risqueraient par suite d'un accident sur la canalisation, d'être accidentellement soumis à une tension de la seconde Catégorie doivent être convenablement reliés à la terre.

Art. 10. — Il est formellement interdit de faire exécuter aucun travail sur les lignes électriques de la seconde Catégorie sans les avoir, au préalable, coupées de part et d'autre de la section à réparer. La communication ne peut être rétablie que sur l'ordre exprès du chef de service; ce dernier



doit avoir été, au préalable, avisé par chacun des chefs d'équipe que le travail est terminé et que le personnel ouvrier est réuni au point de ralliement fixé à l'avance.

Pendant toute la durée du travail, la coupure de la ligne doit être maintenue par un dispositif tel que le courant ne puisse être rétabli que sur l'ordre exprès du chef de service.

Dans les cas exceptionnels où la sécurité publique exige qu'un travail soit entrepris sur des lignes en charge de la seconde Catégorie, il ne doit y être procédé que sur l'ordre exprès du chef de service et avec toutes les précautions de sécurité qu'il indiquera.

ART. 11. — Il est interdit de faire exécuter des élagages ou des travaux analogues pouvant mettre directement ou indirectement le personnel en contact avec des conducteurs ou pièces métalliques de la seconde Catégorie, sans avoir pris des précautions suffisantes pour assurer la sécurité du personnel par des mesures efficaces d'isolement.

ART. 12. — Les lignes téléphoniques, télégraphiques ou de signaux particulières aux établissements ayant des installations électriques et affectées à leur exploitation, qui sont montées, en tout ou en partie de leur longueur, sur les mêmes supports qu'une ligne électrique de la seconde Catégorie, sont soumises aux prescriptions de l'Article 8, paragraphes 1 et 6 et à celles des Articles 10 et 11.

Leurs postes de communication, leurs appareils de manœuvres ou d'appel doivent être disposés de telle manière qu'il ne soit possible de les utiliser ou de les manœuvrer qu'en se trouvant dans les meilleures conditions d'isolement par rapport à la terre, à moins que leurs appareils soient disposés de manière à assurer l'isolement de l'opérateur par rapport à la ligne.

SECTION V : AFFICHAGE. DÉROGATION. CONTRÔLE.

ART. 13. — Les chefs d'industrie, directeurs ou gérants sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de la seconde Catégorie :

1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de la seconde Catégorie, même avec des gants en caoutchouc, ou de se livrer à des travaux sur ces pièces ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant.

2° Des extraits du présent règlement et une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques rédigés conformément aux termes qui seront fixés par un arrêté ministériel.

ART. 14. — Dans les ateliers de construction ou de réparation du matériel électrique (machines, instruments, appareils, câbles et fils), où l'emploi des tensions de la seconde Catégorie est d'un usage courant pour les essais du matériel en cours de fabrication, il peut être dérogé, pour ces essais, aux prescriptions du présent décret, à la condition que les organes dangereux ne soient accessibles qu'à un personnel expérimenté, désigné expressément par le chef d'établissement et que la sécurité générale ne soit pas compromise.

Une consigne spéciale réglementant ces essais doit être rédigée par le chef d'établissement et portée à la connaissance du personnel.

ART. 15. — Le Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale peut, par arrêté pris sur le Rapport des inspecteurs du travail et après avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures, accorder dispense, pour un délai déterminé, de tout ou parties des prescriptions des Articles 5, paragraphe 3 et 6, paragraphe 1 :

1° Aux installations créées avant la promulgation du présent décret :

2° Lorsque l'application de ces prescriptions est pratiquement impossible.

Dans les deux cas, la sécurité du personnel doit être assurée dans des conditions équivalentes à celles définies aux dits Articles.

ART. 16. — Dans les deux mois qui suivront la promulgation du présent règlement, les chefs d'industrie, directeurs ou gérants devront adresser à l'inspecteur du travail un schéma de leurs installations électriques de la seconde Catégorie indiquant : l'emplacement des usines, sous-stations, postes de transformateurs et canalisations.

Une note jointe indiquera :

a. Si par application de l'Article 2, paragraphe 2, du présent règlement concernant les machines et transformateurs de la seconde Catégorie, les bâtis et masses métalliques non parcourues par le courant, sont isolés électriquement du sol ou s'ils sont reliés à la terre.

b. Les renseignements techniques nécessaires pour assurer le contrôle de l'exécution des prescriptions du présent règlement (nature du courant, tensions des différentes parties de l'installation, pièces métalliques visées à l'Article 9, etc.).

Dans la première quinzaine de chaque année, le schéma et les renseignements qui l'accompagnent sont complétés s'il y a lieu par les chefs d'industrie, directeurs, gérants ou préposés et les modifications transmises à l'inspecteur du travail.

En cas de modifications importantes ou d'installations nouvelles, le schéma et les renseignements complémentaires sont adressés à l'inspecteur du travail avant la mise en exploitation.

SECTION VI : DISPOSITIONS DIVERSES.

ART. 17. — Le présent décret ne s'applique pas, en dehors de l'enceinte des usines de production, aux distributions d'énergie électrique réglementées en vertu de la loi du 15 juin 1906.

ART. 18. — Le Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 11 juillet 1907.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

Le Ministre du Travail et de Prévoyance sociale,

RENÉ VIVIANI.

SOCIÉTÉS TECHNIQUES.

Société industrielle de Mulhouse. — Cette société vient de publier le programme des 135 questions qu'elle met cette année aux concours. Les mémoires, dessins, etc. devront être envoyés avant le 15 février 1908 au président de la Société, marqués d'une courte devise ou épitaphe choisie par l'auteur, en même temps qu'un pli cacheté contenant le nom exact et l'adresse du concurrent.

Un certain nombre de ces questions intéressent les électriciens et les mécaniciens. Toutes celles déjà mises au concours les années précédentes ont été publiées dans ce journal [1]; nous renvoyons le lecteur à ces publications.

[1] *La Revue électrique*, t. IV, 15 novembre 1905, p. 287; t. VI, 30 juillet 1906, p. 64.



INFORMONS ATIDIVERSES.

Traction : Automotrices a accumulateurs des chemins de fer prussiens. — Depuis février dernier, l'Administration des Chemins de fer prussiens a mis en marche, sur les trois lignes de banlieue : de Mayence-Ingelheim (distance $18^{km},1$), de Mayence-Oppenheim ($20^{km},4$) et de Mayence-Rüsselheim ($12^{km},3$), des automotrices à accumulateurs décrites dans la *Zeits. des Ver. deutsch. Ingen.*, du 22 juin.

Ces voitures donnent, en service, des vitesses moyennes de 27, 31 et 36 km:h, suivant les lignes, et leur vitesse maximum atteint 45 km : h.

Elles ont trois essieux, dont les deux extrêmes sont moteurs; leur longueur totale est de $12^{m},2$ et le nombre des places assises, de soixante dans chaque voiture de troisième classe. Les cabines de manœuvre sont au nombre de deux disposées, aux extrémités de la voiture, comme les cabines des gardes-freins des voitures ordinaires, mais plus spacieuses.

Les batteries d'accumulateurs, fournies par l'Akkumulatorenfabrik A.-G., comprennent 180 éléments de 200 ampères-heures, pesant chacun 55^{kg} et contenant quatre plaques positives et cinq négatives à grande surface. Ces éléments sont rangés par groupes de quinze, sous les douze sièges du wagon, dans des niches hermétiquement fermées vers l'intérieur du wagon, et communiquant avec l'atmosphère par des tuyaux d'échappement coudés, assurant une ventilation efficace et continue pendant la marche du train dans les deux sens.

Chaque voiture porte, en outre : des appareils de chauffage, douze lampes électriques à incandescence intérieures, les deux moteurs de 25 chevaux chacun, des lanternes de signaux et une trompe. En ordre de marche, le wagon chargé pèse en tout 38^{t} et cette charge se répartit de la façon suivante : 14^{t} sur chaque essieu moteur, et 10^{t} seulement sur l'essieu porteur central.

Prolongement du chemin de fer tubulaire électrique City and South London. — La ligne métropolitaine du City and South London, qui traversait déjà la ville de Londres du sud au nord et se recourbait ensuite vers l'ouest jusqu'à Angel (1) a été prolongée à partir du 1er juin dernier sur une longueur de 2^{km} vers l'ouest jusqu'à Euston, et dessert ainsi les trois grandes gares de King's Cross (Great Northern Ry), de Saint-Pancras (Midland) et de Euston (London and North Western Ry).

La ligne, dont la longueur totale est maintenant de 10^{km}, est une des rares qui soient toujours exploitées par locomotives électriques remorquant des trains de 5 voitures en acier de 48^{m} de long.

Chemins de fer monophasés. — Le chemin de fer interurbain établi entre Spokane el Cœur d'Alène (52^{km}), Spokane et Springville (54^{km}) (État de Washington, U. S. A.), a été équipé dernièrement avec la traction par courant monophasé à 6600 volts. La Compagnie qui exploite ces lignes possédant déjà une grande usine génératrice produisant des courants triphasés à 4000 volts 60 périodes, converti ensuite en courant continu pour son réseau urbain, a installé une usine convertisseuse qui change la tension et la période des courants alternatifs. Ceux-ci sont d'abord ramenés à 2200 volts et 25 périodes par des groupes moteurs générateurs puis élevés à 45000 volts et envoyés à cette tension dans des sous-stations de transformateurs fixes qui lui donnent la tension de 6600 volts usitée sur la ligne de travail (à suspension à chaînette) où il est capté par un archet pantographique.

— Une ligne interurbaine à traction par courant monophasé (produit et distribué directement à cette tension de 6600 volts par une usine centrale) a été ouverte récemment entre Fort Wayne et Springfield (32^{km}), dans l'État d'Indiana, U. S. A. La prise de courant par trôlet se fait sur un fil aérien à suspension à chaînette, à la tension monophasée de 6600 volts, sauf dans la ville de Fort Wayne où elle se fait à la tension de 550 volts monophasés et dans la traversée de la ville de Decatur où elle se fait à la tension de 550 volts continu,

— Une ligne interurbaine de 60^{km} de long vient d'être ouverte dans l'État de l'Illinois, U. S. A., entre Bloomington et Peoria ; elle sera probablement prolongée de 80^{km} jusqu'à Champayn. La traction se fait par courant monophasé à 3300 volts capté par un archet pantographique sur un fil aérien à suspension à chaînette. Les poteaux de la ligne de travail supportent en même temps les trois fils en triangle de la ligne de transmission triphasée à 33000 volts.

Télégraphie : Cable sous-marin Japon-Sakhaline. — Un câble a été posé récemment entre Wakkanai (Japon) et Kushunkotan (île de Sakhaline); trois bureaux télégraphiques ont été installés dans la partie japonaise de cette dernière île; la taxe des télégrammes de ou pour ces bureaux est la même que celle des correspondances de ou pour le Japon.

Divers : Les propriétés magnétiques des navires en en fer. — L'*Electrical Engineering* du 30 mai signale, d'après une communication du capitaine Bartling, les deux faits suivants :

Le vapeur *Thuringen*, construit à Brême dans une cale à peu près orientée suivant le méridien magnétique, acquit peu à peu une intensité d'aimantation telle qu'au moment du lancement le champ produit était égal à 0,57 du champ terrestre. Retourné à peu près bout pour bout pendant la période d'armement, l'intensité d'aimantation de la coque décrût assez rapidement et le navire ne possédait plus de propriétés magnétiques notables au moment des essais.

Un second vapeur du même type et construit dans les mêmes chantiers, dans une cale voisine parallèle, avait pratiquement la même intensité magnétique au moment de son lancement. Il ne fut pas retourné pour être armé et le jour des essais il fallut corriger la boussole du bord au moyen de sept aimants compensateurs.

(1) *Voir* la description et le plan de cette ligne dans la *Revue électrique*, t. VI, 15 décembre 1906, p. 332.

Tome VIII. **N° 91. — 15 octobre 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS.

De l'influence des pôles auxiliaires sur le fonctionnement des génératrices et moteurs, par H. ZIPP (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 8 septembre 1907, p. 687 à 692). — On sait que la circulation du courant dans l'induit d'une machine à courant continu a pour effet de créer un champ magnétique dans la direction des balais, perpendiculaire au champ principal. L'expérience a montré que, pour une charge croissante, il devenait nécessaire de décaler les balais, dans le sens du mouvement pour une génératrice, dans le sens opposé pour une réceptrice, afin d'obtenir un fonctionnement sans étincelles.

Le décalage doit être tel que la résultante N_R du champ principal N_1 et du champ induit N_2 soit perpendiculaire à la ligne neutre, c'est-à-dire à la ligne joignant les balais; mais, comme N_2 est justement dans la direction de la ligne neutre, il s'ensuit que N_R doit être perpendiculaire à N_2. N_R et N_2 forment donc les côtés d'un triangle rectangle, dont N_1 est l'hypoténuse, comme le montre la figure 1. On doit donc avoir

$$(1)\qquad N_R = \sqrt{N_1^2 - N_2^2}.$$

La tension induite dans les z_2 fils de l'induit pour une vitesse de n tours par minute est par suite égale à

$$(2)\qquad E = 2 N_R \frac{n}{60} \frac{z_2}{2} 10^{-8} \text{ volts.}$$

Fig. 1.

La tension aux bornes est, pour un courant i_2, égale à

$$e_2 = E - i_2 r_2,$$

si r_2 est la résistance entre balais, ou

$$(3)\qquad e_2 = N_R \frac{n}{60} z_2 10^{-8} - i_2 r_2.$$

Si l'on suppose que la machine fonctionne au-dessous du point de saturation, l'équation (3) pourra s'écrire :

$$(4) \qquad e_2 = \sqrt{(c_1 i_1 z_1)^2 - (c_2 i_2 z_2)^2}\, \frac{n}{60} z_2 10^{-8} - i_2 r_2,$$

i_1 étant le courant d'excitation circulaire dans les z_1 spires de l'enroulement inducteur.

Si nous pouvons compenser les ampères-tours induits $i_2 z_2$, l'égalité (4) devient

$$(4a) \qquad \left\{ \begin{array}{l} e_2 = \sqrt{\overline{(c_1 i_1 z_1)}^2 - (c_2 i_2 z_2 - \overline{c_2 i_2 z_2})^2} \\ \quad \times \dfrac{n}{60} z_2 10^{-8} - i_2 r_2 \text{ volts.} \end{array} \right.$$

Le deuxième membre sous la racine devient nul et la chute de tension dépend seulement du terme r_2.

Cette compensation peut être effectuée à l'aide des pôles auxiliaires disposés dans la direction de la ligne neutre, comme le montre la figure 2 ; leur enroulement

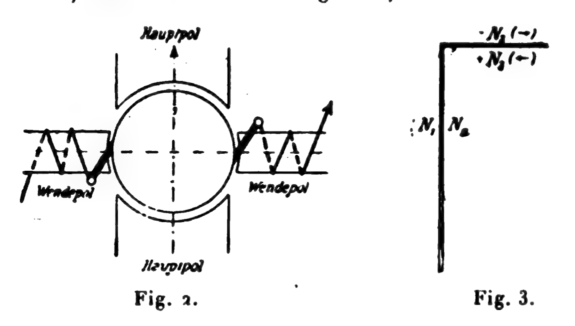


Fig. 2. Fig. 3.

est parcouru par le courant principal de façon à produire un champ égal à celui de l'induit, mais de direction opposée, le champ N_R est maintenant la résultante de trois composantes, N_1 le champ principal, $+ N_2$ le champ de l'induit, $- N_2$ le champ des pôles auxiliaires, le diagramme de la figure 1 est maintenant remplacé par celui de la figure 3 qui montre que le champ N_R est constant et égal à N_1 ; quelle que soit la charge, le décalage des balais est inutile, l'angle α de la figure 1 est nul.

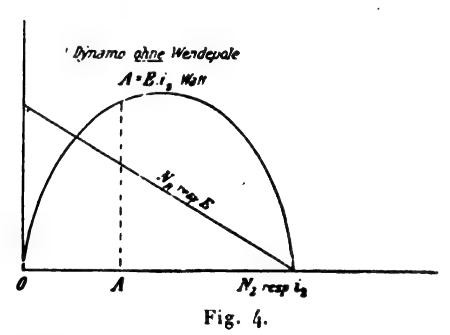


Fig. 4.

La charge électrique d'une dynamo $A = E i_2$ peut s'écrire

$$A = \frac{N_R}{c'} \frac{N_2}{c''}$$

ou

$$A = C' N_R N_2.$$

La valeur de A passe deux fois par zéro : 1° quand $N_2 = 0$, le courant étant nul ; 2° quand $N_R = 0$, $N_2 = N_1$, ce qui correspond au cas du court-circuit, la résistance étant nulle. La valeur de A passe par un maximum, comme le montre la figure 4.

Si, au contraire, la machine est munie de pôles auxiliaires, le champ N_R est constant pour toutes les charges, de sorte que la puissance

$$A = C' N_R N_2$$

est représentée par une ligne droite (*fig.* 5). L'examen

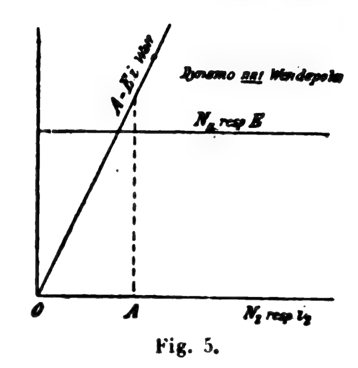


Fig. 5.

des figures 4 et 5 montre clairement que, pour une même valeur de OA, la puissance de la machine avec pôles auxiliaires est 16 pour 100 plus grande que celle de la machine sans pôles auxiliaires.

Si r_2 est la résistance de l'induit, mesurée en ohms, le courant i_2 circulant dans l'induit est égal à

$$i_2 = \frac{E - e_2}{r_2}.$$

La valeur de e_2 est donnée par l'équation (2) et égale à

$$(5) \qquad e_2 = c N_R n ;$$

E et r_2 étant des constantes, on peut écrire

$$C_I i_2 = C_{II} - c N_R n$$

ou, en tenant compte que $N_2 = c'' i_2$,

$$\frac{C_I}{c''} N_2 = C_{II} - c N_R n$$

ou

$$(6) \qquad n = C_I \frac{1}{N_R} - C_{II} \frac{N_2}{N_R}.$$

Le courant circulant dans l'induit au repos sous une tension e est égal à $i = \frac{e}{r_2}$; portons cette valeur en abscisse dans la figure 6 (Stillstand) ; entre $i = 0$ et $i = i_{max}$, la valeur du courant circulant dans l'induit est donnée par la relation

$$i = \frac{e - E}{r_2}.$$

La valeur de la force contre-électromotrice pour

$i = 0$ est $E = e$ et, pour le courant i_{max}, $E = 0$. La figure donne également les valeurs de N_1 et N_2 et, par suite,

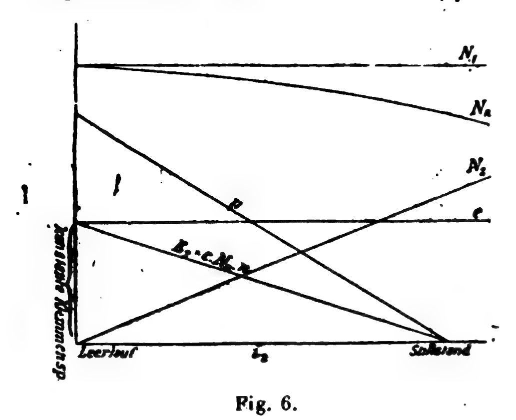


Fig. 6.

les valeurs de $N_R = \sqrt{N_1^2 - N_2^2}$; le nombre de tours est également donné par la formule

$$n = \frac{e_2}{c N_R}.$$

La figure 7 donne les courbes de fonctionnement d'un moteur shunt avec et sans pôles auxiliaires, les

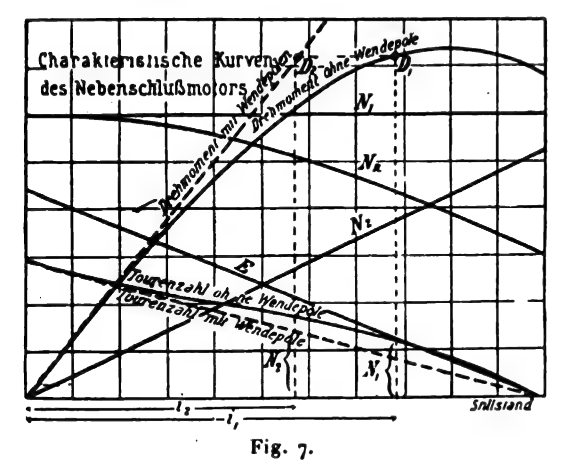


Fig. 7.

lignes pleines correspondent au cas du moteur sans pôles de commutation, les lignes ponctuées à celui du moteur muni de ses pôles de commutation.

E. B.

Nouvelle machine pour l'éclairage des trains, par M. OSNOS (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 19 septembre 1907, p. 917 et 918). — L'auteur décrit une machine dont la principale particularité consiste en ce qu'elle fournit un courant de sens constant quel que soit le sens de rotation; la tension reste à peu près constante pour des variations de vitesse considérables. Le fonctionnement est automatique sans aucun moyen mécanique extérieur. La construction de cette dynamo ne se distingue pas d'une autre, seule l'excitatrice accouplée avec elle est de construction spéciale. Les deux parties, dynamo et excitatrice, peuvent être réunies en une seule, munie de deux collecteurs dont l'un fournit le courant utile, l'autre le courant d'excitation; il est cependant préférable de séparer les deux machines.

La figure 1 montre la disposition schématique de la

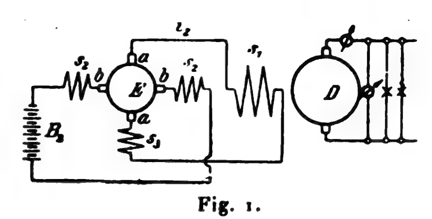


Fig. 1.

machine : D est la dynamo alimentant le circuit extérieur, s_1 l'enroulement d'excitation de cette dynamo recevant du courant de l'excitatrice E. Cette excitatrice est munie de deux paires de balais, les balais *aa* sont les prises de courant ordinaires, les balais *bb* disposés à angle droit avec les premiers sont des balais auxiliaires mis en série avec un enroulement supplémentaire $s_2 s_2$ sur l'inducteur de l'excitatrice. En série avec l'enroulement s_1, est disposé un enroulement s_3 ayant même axe que le champ de l'induit; cet enroulement est ajouté une fois pour toutes. L'enroulement d'excitation $s_2 s_2$ est alimenté par la batterie B_2 qui peut être chargée par la dynamo D.

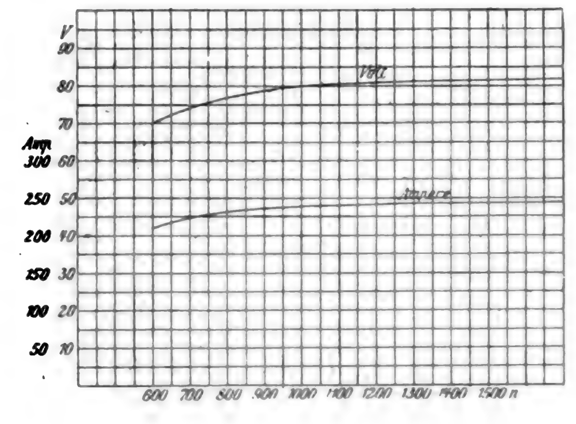


Fig. 2.

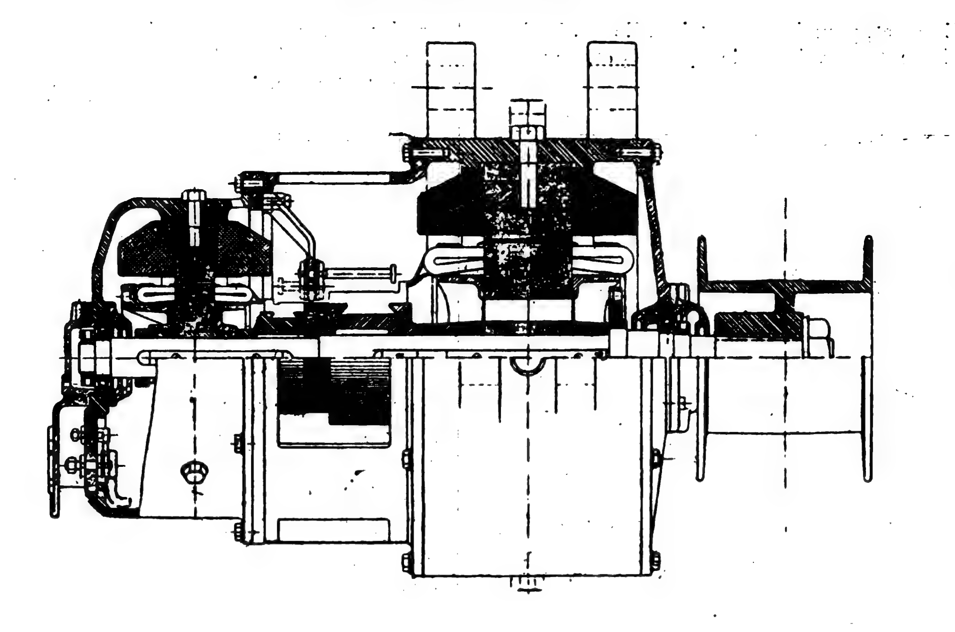
Le fonctionnement est le suivant : le courant i_2 circulant dans l'excitatrice produit un champ dans la direction des balais; l'induit tournant dans ce champ, il se produit une force électromotrice aux balais *bb* que nous appellerons e_2; cette force électromotrice agit en sens opposé de celle de la batterie que nous appellerons e_1, de sorte que le courant d'excitation de la machine excitatrice est égal à

(1) $$i_2 = k_1(e_1 - e_2),$$

en négligeant la saturation.

On peut écrire

(2) $$e_2 = b_2 i_2 n,$$



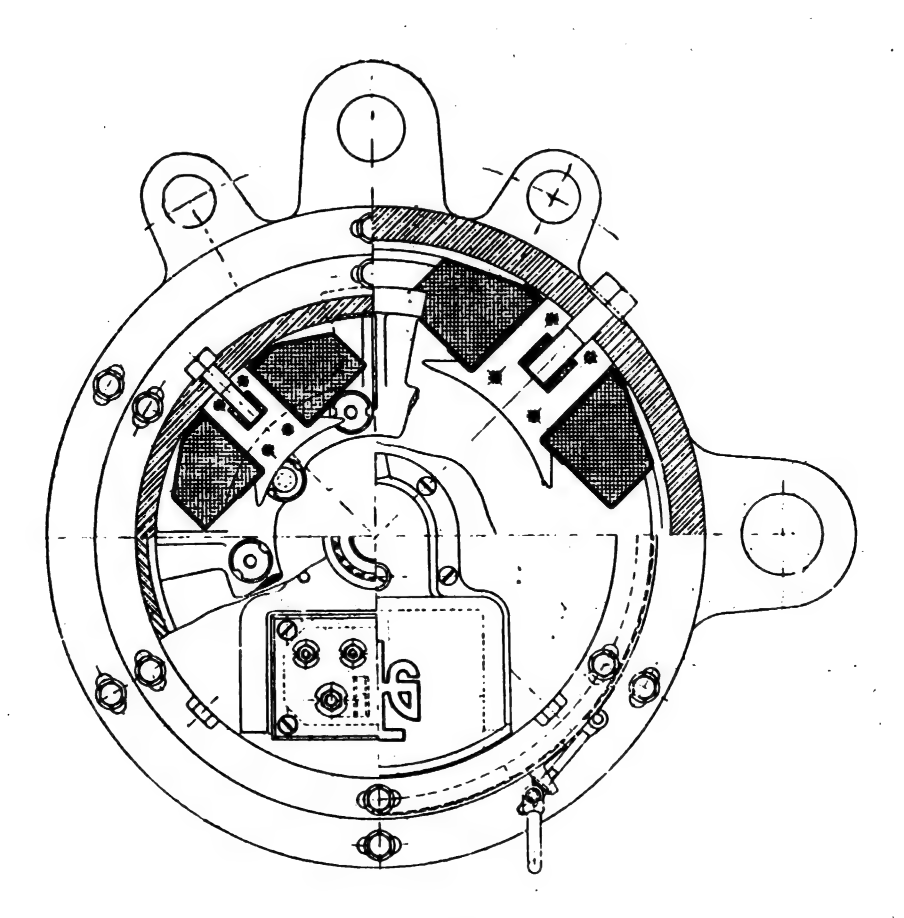


Fig. 3.

où n est le nombre de tours de l'induit. D'un autre côté, i_2 dépend de la force électromotrice produite entre aa dépendant de i, on peut donc écrire

(3) $$i_2 = b_3 i_1 n,$$

et l'on trouve le rapport

$$i_2 = \frac{n}{a + bn^2}$$

entre le courant d'excitation de la machine principale et son nombre de tours, a et b étant des constantes. Il est possible de choisir les valeurs de a et de b telles que le courant i_2 diminue à partir d'une certaine valeur de n. Si le sens de rotation change, le courant de l'excitatrice change de sens et, par suite, la dynamo principale ne change pas sa polarité.

La dynamo excitatrice doit être saturée dans une certaine mesure, la dynamo principale peut ne pas être saturée.

Il peut être avantageux de séparer complètement les deux machines et de disposer une seule excitatrice pour tout un train; chaque voiture étant alimentée par une machine tout à fait normale, une seule machine de construction spéciale est donc nécessaire pour tout un train. Les résultats d'essai sont donnés par la figure 2, dont les courbes représentent la tension et le courant en fonction du nombre de tours. On voit que la plus haute tension de la machine est de 83 volts alors qu'elle est de 80 volts à 1000 tours et de 70 volts à 600 tours. La vitesse normale de cette machine est d'environ 1200 tours. La figure 3 montre la construction de cette machine.

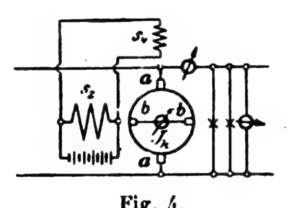


Fig. 4.

On peut utiliser la machine excitatrice elle-même pour éclairage de trains de la façon suivante : un enroulement s_1 est mis en parallèle avec la batterie (*fig.* 4) dont l'axe est dans la direction de aa, les balais bb étant court-circuités; par un réglage convenable, on peut obtenir que la tension reste presque constante.

E. B.

ACCUMULATEURS.

Procédé de fabrication, à l'aide d'hydrates de fer et de nickel, de mastics à action électrolytique pour la formation de plaques d'accumulateurs. Société NYA ACKUMULATOR AKTIEBOLAGET JUNGNER (Brevet français 374597 du 13 février 1907). — Pour préparer la matière négative, on part des copeaux de fer. On les rend plus conducteurs en les recouvrant d'une couche d'amalgame de cuivre par trempage dans une solution acide de sulfate de cuivre et de sulfate de mercure. On s'arrange pour que les copeaux amalgamés renferment environ 10 à 25 pour 100 de cuivre et 2,5 à 10 pour 100 de mercure.

On mélange ensuite 40 parties en poids de ces copeaux de fer amalgamés avec une partie de fleur de soufre; on malaxe avec de l'alcool dénaturé en une pâte ferme. Cette pâte est comprimée dans des poches en fer perforées. Dès que l'alcool est évaporé, ce qui se fait sans oxydation du fer, l'électrode est placée pendant 15 minutes environ dans une solution de 200^g de sel ammoniac dans 1500^g d'eau additionnée d'un peu d'acide sulfurique. L'électrode est ensuite enfouie dans de la sciure humide et laissée en oxydation pendant 24 heures environ. Par électrolyse en cathode dans l'alcali, les radicaux de l'halogène ou du sulfate sont éliminés et l'électrode est prête à servir.

S'il s'agit d'une électrode comportant un réseau métallique (fil de fer ou tôle perforée) recouvert d'une couche mince de matière active, on cylindre sur ce réseau une pâte composée des copeaux de fer amalgamés mélangés à 2 ou 4 pour 100 de leur poids de soufre et aussi à une solution de sel ammoniac et d'acide sulfurique. L'électrode est ensuite comprimée et enfouie 12 à 18 heures dans la sciure humide. Comme la matière n'a pas ici de soutien extérieur, pour éviter qu'elle ne se crevasse, on la trempe dans une solution de caoutchouc dans le sulfure de carbone. Pendant que le caoutchouc est encore gluant, on charge la plaque en cathode dans la solution alcaline. Quand le dégagement gazeux commence, on retire l'électrode et on la comprime à 1^{kg} par centimètre carré.

Les briquettes positives sont faites de la même manière que les briquettes négatives. On mélange de la poudre de nickel avec du soufre (deux fois plus que pour le fer) et l'on humecte à plusieurs reprises d'une solution de sel ammoniac et d'acide sulfurique ainsi que d'acide nitrique (celui-ci accélérant l'oxydation et le durcissement). On soumet entre temps à l'oxydation à l'air pendant 24 heures environ. Après deux semaines la masse est transformée en un mastic poreux dur comme la pierre qui contient de l'hydroxyde de nickel adhérant aux particules de nickel. Les poches sont prises ici en tôle de nickel. Dans le mastic on peut introduire, en outre, de l'hydroxyde de nickel (25 à 50 pour 100 du poids de poudre de nickel).

Dans le cas d'électrodes minces comportant comme support un simple réseau métallique, on mélange 40 parties en poids de poudre de nickel et 2 parties de soufre. On malaxe en pâte ferme à l'aide d'une solution saturée d'un sel d'ammonium avec addition d'acides sulfurique et nitrique. Cette pâte est enfoncée par cylindrage dans le réseau en fils de nickel, puis l'électrode est oxydée à l'air pendant 24 heures, après quoi on l'humecte à nouveau et l'on répète ces opérations jusqu'à ce que le mastic ait atteint la consistance nécessaire.

Les radicaux acides sont ensuite éliminés par électrolyse en anode dans l'alcali et la positive est terminée, l'hydroxyde de nickel s'étant suroxydé pendant cette charge.

MOTEURS.

Influence de la surchauffe sur la marche des machines à vapeur, par OLRY et BONET (Communication à l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France). — En 1905, les auteurs effectuèrent une série d'essais sur une machine compound Dujardin alimentée par une chaudière Babcock munie d'un surchauffeur Maiche; ils conclurent de ces essais qu'il était impossible de formuler des règles générales concernant l'économie qu'il est possible de réaliser par l'emploi de la vapeur surchauffée, les circonstances particulières de chaque installation jouant un rôle prépondérant sur la valeur de cette économie.

Depuis, les auteurs ont exécuté de nouveaux essais très nombreux et très variés dont ils communiquèrent récemment les résultats à l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France; voici le résumé de cette communication d'après la *Revue industrielle* du 5 octobre :

D'abord il faut remarquer que les comparaisons sur l'emploi de l'une ou de l'autre vapeur dans une même machine doivent porter séparément sur les consommations de vapeur et de charbon qui ne varient ni proportionnellement ni parallèlement.

Voyons donc l'influence de la surchauffe sur la consommation de vapeur. La surchauffe produit normalement une économie, d'autant plus sensible, jusqu'à une certaine limite, que sa température est plus élevée, et variable suivant le type et le fonctionnement de la machine. Cette économie réside d'abord dans la suppression du chauffage des enveloppes; en effet, la surchauffe a pour avantage principal d'éviter la condensation de la vapeur travaillant dans les cylindres. Avec la vapeur saturée, on arrive, en introduisant la vapeur vive dans l'enveloppe, à éviter la condensation pendant l'admission et la détente, résultant du refroidissement dû à l'échappement et de ce que la détente, supposée adiabatique, peut entraîner une précipitation supplémentaire d'eau; on peut même produire une revaporisation de l'eau précipitée pendant l'admission. On peut constater une amélioration dans la consommation de la vapeur produite par la surchauffe, beaucoup plus accentuée, lorsqu'on fait agir successivement la vapeur saturée et la vapeur surchauffée dans une machine sans enveloppes ou à enveloppes non chauffées, que dans le cas d'enveloppes chauffées. Dès que la surchauffe de la vapeur est suffisante pour éviter la plus grande partie des condensations pendant l'admission et la détente, le chauffage des enveloppes devient inutile et est même plutôt nuisible économiquement; c'est donc le degré de la surchauffe qui doit conduire à conserver ou à supprimer le chauffage de l'enveloppe lorsque la machine est monocylindrique, ou bien en ce qui concerne le cylindre à haute pression des machines compound. Pour les autres cylindres, on n'observe généralement plus de surchauffe notable et la vapeur y agit comme si elle n'avait pas été surchauffée; donc il n'y aura aucune raison de renoncer au chauffage des enveloppes. Ce sera ainsi la méthode générale; pourtant on pourrait être amené à supprimer complètement les enveloppes, à la condition d'intercaler de petits surchauffeurs entre les cylindres, et alors le surchauffeur intercalé pourrait remplir le rôle de receiver.

Le Tableau ci-dessous résume les observations faites aux cours des essais précédents; il permet de reconnaître si la vapeur possède encore un degré quelconque de surchauffe en entrant dans le grand cylindre.

ÉLÉMENTS. — Nature de la vapeur.	1re JOURNÉE. — Saturée.	2e JOURNÉE. — Surchauffée.	3e JOURNÉE. — Surchauffée.	4e JOURNÉE. — Surchauffée.	5e JOURNÉE. — Surchauffée.	6e JOURNÉE. — Surchauffée.
Pression moyenne de la vapeur auprès du petit cylindre, en kg : cm²	8,428	8,476	6,025	6,145	8,380	8,245
Température correspondante de la vapeur saturée, en degrés	176,51	176,73	164,36	165,04	176,30	175,68
Température moyenne de la vapeur à l'entrée du petit cylindre, en degrés	176,51	276,30	276,30	277,10	324,50	278,40
Augmentation de température produite par la surchauffe, en degrés	»	99,57	112,04	112,06	148,20	102,72
Pression initiale moyenne de la vapeur dans le petit cylindre, d'après les diagrammes, en kg : cm²	8,204	8,366	5,913	6,048	8,298	8,041
Température correspondante de la vapeur saturée, en degrés	175,50	176,23	163,72	164,49	175,93	174,73
Température moyenne de la vapeur à l'entrée du grand cylindre, en degrés	106,4	100,5	89,4	124	126,3	93
Pression initiale moyenne de la vapeur dans le grand cylindre, d'après les diagrammes, en kg : cm²	0,257	0,011	0,385	0,356	0,030	0,382
Température correspondante de la vapeur saturée, en degrés	106,3	100,29	87,4	108,58	100,78	87,52
Puissance indiquée moyenne produite par les deux cylindres, en chevaux	175,07	175,21	105,03	195:32	173,50	106,05

D'après ce Tableau, on peut remarquer qu'il n'existait pour ainsi dire plus de surchauffe au grand cylindre sauf le 4e et le 5e jour pour des valeurs de 15°,5 et 25°,5. Il est facile d'en noter les motifs : le 4e jour on a enregistré un travail plus élevé, partant un plus grand poids de vapeur introduit; or, l'action réfrigérante pendant l'échappement étant sensiblement constante, il est clair qu'il en résultera qu'elle aura d'autant moins d'importance relative que la consommation de vapeur sera plus forte. La surchauffe du 5e jour s'explique par le fait que la vapeur a été surchauffée de 50° de plus. Enfin, par suite de l'existence des enveloppes, on a continué à chauffer dans les deux cas, ce qui était illogique, car ce chauffage diminuait l'intensité de la surchauffe en abaissant la température de la vapeur à son entrée dans le cylindre. Quant aux autres enveloppes elles n'ont été chauffées que le 2e jour; il eût mieux valu la continuer même avec la surchauffe.

L'efficacité de la surchauffe par rapport à la consommation de vapeur dépend également de la vitesse de marche de la machine. En effet, plus la machine tourne vite, plus elle consomme de vapeur par unité de temps, et moins l'action réfrigérante de l'échappement, qui est une sorte de constante, exercera d'effet sur l'unité du poids de vapeur; pour corriger cet effet il faut communiquer à cette unité de poids, avant l'admission, une quantité de calories d'autant moindre que la vitesse de la machine sera plus forte. Il en résulte que les machines à grandes vitesses profitent plus de l'emploi de la vapeur surchauffée.

En outre, on peut admettre qu'avec de la vapeur très chaude à l'entrée du petit cylindre on peut s'abstenir de pourvoir le grand cylindre d'enveloppes de vapeur. Donc la machine compound profitera, dans ces conditions, tout autant de la surchauffe que les machines monocylindriques.

Cet ensemble de considérations permet de conclure que les machines compound à grandes vitesses et sans enveloppes de vapeur sont celles qui mettent en évidence le maximum de supériorité de la marche en vapeur surchauffée, au point de vue de la consommation de vapeur, à condition que la température d'entrée de la vapeur soit suffisamment élevée. Il faut ajouter que la surchauffe est particulièrement recommandable pour les machines où l'espace mort est le plus considérable, surtout comme surface.

Examinons maintenant l'influence de la surchauffe sur la consommation de charbon; l'économie devra évidemment être atténuée de l'excédent de calories renfermé par chaque kilogramme de vapeur surchauffée. Cependant la circonstance locale est toujours à considérer; c'est ainsi qu'une chaudière à tirage forcé fonctionnera dans des conditions plus rationnelles et plus économiques en vapeur surchauffée qu'en vapeur saturée, et dès lors il n'est plus impossible que la quantité de charbon brûlée par kilogramme de vapeur diminue du fait de celle-ci. De plus la surchauffe dans ces mêmes conditions remédiera aux entraînements d'eau, le surchauffeur jouant alors le rôle de vaporisateur supplémentaire. Par contre la surchauffe augmentera la consommation de charbon des chaudières a allure lente.

De nombreux essais exécutés sur une machine horizontale monocylindrique à condensation de la maison Dujardin, à distributeurs Corliss marchant à 60 tours, sur une machine verticale compound à condensation de la maison Boulte Labordière et Cie, sur une machine compound Dujardin, ces machines étant alimentées par divers types de chaudière, ont permis à MM. Olry et Bonet de tirer les conclusions suivantes, qui confirment entièrement leurs considérations précédentes :

La machine qui s'est trouvée le mieux de la substitution de la vapeur surchauffée, en donnant une économie de vapeur de 41,17 pour 100 et de charbon de 35,26 pour 100, a été une machine compound ne possédant pas d'enveloppes de vapeur; on avait une température de 305° à l'entrée du petit cylindre et la machine marchait à 325 tours par minute. Il faut, il est vrai, remarquer que la marche en vapeur saturée fut désavantagée par des entraînements d'eau dus à la grande hauteur du faisceau tubulaire de la chaudière, par suite de la nécessité d'une vaporisation beaucoup plus abondante.

Les économies de vapeur réalisées dans ces divers essais ont oscillé entre 13 et 22 pour 100, la plus forte ayant été réalisée avec une machine monocylindrique. Quant aux économies de charbon, elles n'ont été que de 10,79 et 9,33 pour 100 en tenant compte de la couverture et de la mise en pression.

Pour résumer, les conditions qui mettront le mieux en évidence la supériorité de la vapeur surchauffée sur la vapeur saturée seront, d'après MM. Olry et Bonet, les suivantes : température très élevée de la surchauffe; grande vitesse de marche de la machine; existence d'espaces nuisibles de superficie trop considérable; absence d'enveloppes pour l'emploi de la vapeur saturée; générateurs forcés ou sujets aux entraînements d'eau.

Il est bon de faire remarquer que, la surchauffe étant favorable aux chaudières surmenées, en rendant leur rendement plus économique, il serait bon, dans une nouvelle installation pouvant être sujette à extensions futures, de prévoir seulement l'usage ultérieur de la surchauffe, et de ne l'adopter que lorsque justement on sera amené à forcer la production de vapeur des chaudières.

M. C.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

GÉNÉRALITÉS.

Le transformateur employé comme résistance réglable, par GUSTAV BENISCHKE (*Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, 1907, nº 21). — Pour abaisser une tension donnée, on dispose en courant continu de résistances réglables qui s'appliquent également au courant alternatif (résistances non inductives); on emploie aussi, pour celui-ci, des bobines de réactance réglables (résistances inductives). Les premières occasionnent, par effet Joule, une perte (E — E′)I proportionnelle à la diminution de la tension; avec les bobines de réactance, le réglage, au moins théoriquement, se fait sans pertes; en pratique, il y a toujours échauffement du fil et, en outre, pertes par hystérésis et courants de Foucault dans le noyau.

Malgré leurs inconvénients, il y a cependant des cas où les résistances non inductives sont seules applicables: par exemple quand il s'agit de mettre sous tension un long câble ou un réseau pourvu de capacité, car, si la mise en charge a lieu brusquement, il y a à redouter des surtensions capables de crever l'isolant; et si, d'autre part, la mise en charge a lieu progressivement par le jeu d'une bobine de réactance, on se place dans les conditions où le phénomène de résonance ($\omega^2 \mathcal{L} C = 1$) peut se produire. Il se manifestera même sûrement si la valeur initiale de l'inductance $\omega \mathcal{L}$ est supérieure à celle de la capacitance $\frac{1}{\omega C}$, car, en diminuant progressivement le terme $\omega \mathcal{L}$, il arrivera un moment où la relation $\omega \mathcal{L} = \frac{1}{\omega C}$ sera satisfaite, c'est-à-dire qu'il y aura résonance.

Le meilleur dispositif de réglage serait alors le suivant, d'après l'auteur. On relie le câble au réseau par l'intermédiaire du primaire d'un transformateur dont le secondaire contient une résistance liquide. Les connexions ont lieu suivant la figure 1 pour les câbles torsadés (transformateur en série avec l'un des câbles seulement) et suivant la figure 2 pour les câbles concentriques où le fil primaire est alors divisé en deux parties égales reliées respectivement à chacun des conducteurs. L'immersion progressive de l'électrode F dans le bain fait croître continûment la charge du primaire jusqu'au moment de la mise en court-circuit du secondaire du transformateur. Comme la tension absorbée est précisément égale à la tension aux bornes primaires K_1, si l'on représente par K la tension totale, la tension appliquée au câble est la différence $K - K_1$; elle croît quand K_1 décroît.

Le processus des réactions développées dans ce dispositif s'interprète de la manière suivante: l'enroulement primaire du transformateur constitue une bobine de réactance dont l'impédance varie automatiquement avec la charge du secondaire, de telle sorte qu'il est traversé par un courant d'autant plus intense que le courant secondaire est lui-même plus fort. La tension aux bornes du primaire ou tension absorbée K_1 varie en sens contraire. La limite inférieure, courant primaire I_1 minimum et tension K_1 maximum, correspond à une résistance F infinie ou marche à vide du secondaire. La limite supérieure, I_1 maximum et K_1 minimum, correspond à la mise en court-circuit du rhéostat liquide.

Schémas des connexions d'un transformateur employé comme résistance réglable.

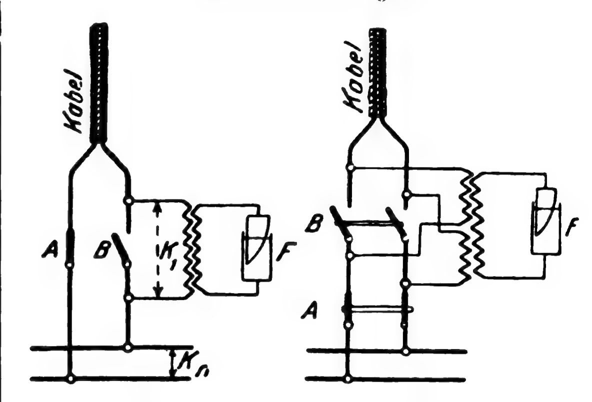


Fig. 1. — Câbles torsadés. Fig. 2. — Câbles concentriques.

Entre ces limites, toute variation de la résistance entraîne une variation de la tension absorbée K_1, absolument comme avec une bobine de réactance dont on retirerait peu à peu le noyau. Il y a cependant une différence caractéristique dans le fonctionnement des deux appareils; dans la bobine, la résistance ohmique reste constante; seule la résistance inductive varie, tandis que les deux décroissent dans le transformateur quand la résistance liquide diminue; on peut donc, suivant la nature de la charge du secondaire, influencer à volonté l'un ou l'autre de ces facteurs. Remarquons encore que la résistance ohmique d'une bobine de réactance est relativement faible, mais que la résistance ohmique équivalente d'un transformateur, soit à vide, soit sous charge inductive, est considérable par rapport à sa résistance inductive, ce qui permet d'éviter tout phénomène de résonance par un ajustement initial convenable du rhéostat liquide.

Les équations fondamentales du transformateur conduisent à des conclusions encore précises. Représentons par K_1 et I_1 respectivement la tension et le courant primaire, par $\omega = 2\pi f$ la pulsation (f étant la fréquence), par ρ la résistance ohmique équivalente, par λ le coefficient de self-induction apparente et par M le coefficient

d'induction mutuelle; on a

(1) $$K_1 = I_1 \sqrt{\rho^2 + \omega^2 \lambda^2},$$

(2) $$\tan\varphi_1 = \frac{\omega\lambda}{\rho},$$

(3) $$\rho = r_1 + \frac{\omega^2 M^2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2} r_2,$$

(4) $$\lambda = \mathcal{L}_1 - \frac{\omega^2 M^2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2} \mathcal{L}_2,$$

et enfin

(5) $$M^2 = (1 - \delta) \mathcal{L}_1 \mathcal{L}_{2i},$$

où δ désigne le coefficient de dispersion de Behn-Eschenburg et $\mathcal{L}_{2i}$ la portion du coefficient de self-induction totale L_2 afférente à l'enroulement secondaire.

Pour $r_2 = \infty$, on a

$$\rho = r_1, \qquad \lambda = \mathcal{L}_1$$

et

$$K_1 = I_1 \sqrt{r_1^2 + \omega^2 \lambda^2},$$

comme dans le cas d'une bobine de réactance ordinaire. Quand on ferme le circuit secondaire, l'impédance équivalente $\sqrt{\rho^2 + \omega^2 \lambda^2}$ devient d'autant plus faible que l'impédance $\sqrt{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}$ est elle-même plus faible, ou que le courant secondaire est plus grand. Comme l'enroulement primaire et le circuit des câbles sont couplés en série, il résulte finalement que la tension absorbée K_1 est d'autant plus faible que le courant secondaire est plus intense.

Pour le calcul de ρ et λ, il n'y a pas seulement à tenir compte de l'impédance $\sqrt{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}$, c'est-à-dire du courant secondaire, mais encore des pertes dans le fer qui réagissent sur le courant primaire comme une charge non inductive de même grandeur. Il faut donc partir de la puissance P_1 dépensée dans le transformateur. On a

(6) $$P_1 = K_1 I_1 \cos\varphi_1$$

et

(7) $$I_1 = \frac{K_1 \cos\varphi_1}{\rho}.$$

Multipliant par ρI_1, on a

$$\rho I_1^2 = K_1 I_1 \cos\varphi_1 = P_1;$$

d'où

(8) $$\rho = \frac{P_1}{(I_1)^2}.$$

Portant cette valeur de ρ dans (1), il vient

(9) $$\omega\lambda = \sqrt{\left(\frac{K_1}{I_1}\right)^2 - \rho^2}.$$

Application numérique. — Soit un système de deux câbles devant fonctionner sous 10000 volts et 2 ampères qu'il s'agit d'amener à la tension voulue par l'intermédiaire d'un transformateur de 5 kilovoltampères, de telle sorte que le courant initial ne dépasse pas 0,1 ampère. Les pertes à vide de ce transformateur sont de 100 watts; la résistance liquide est réglée pour que la charge soit de 900 watts; on a alors

$$P_1 = 1000 \text{ watts}.$$

Le courant correspondant est de 0,102 ampère :

$$\rho = \frac{1000}{(0,102)^2} = 96300 \text{ ohms},$$

$$\omega\lambda = \sqrt{\frac{(10000)^2}{0,102} - 96300^2} = 19200 \text{ ohms}.$$

On voit que le transformateur représente maintenant un conducteur dont la résistance ohmique est si grande qu'on peut sans hésitation lui associer une capacité; car, alors même qu'il y aurait résonance, le courant qui traverserait le câble ne dépasserait pas 0,1 à 0,2 ampère, ou autrement dit le câble n'aurait à supporter qu'une tension bien inférieure à la tension de distribution. En plongeant plus profondément l'électrode F dans le liquide, le rapport de la résistance ohmique à la résistance inductive croît davantage aussi. A la vérité, ρ et λ décroissent tous les deux, mais λ bien plus vite que ρ. Au voisinage du court-circuit, le rapport devient de nouveau défavorable à cause de l'augmentation de la dispersion magnétique; mais alors λ est devenu très petit et l'on a dépassé les conditions de résonance. Sans la dispersion, on aurait au court-circuit $\lambda = 0$, comme il ressort de l'égalité

$$\lambda = \mathcal{L}_1 - \frac{\omega^2 (1 - \delta) \mathcal{L}_1 \mathcal{L}_{2i}}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2} \mathcal{L}_2,$$

obtenue en portant la valeur M de (5) dans (4). Quand on a court-circuité F, le circuit secondaire ne comprend plus que la résistance et la self-induction de l'enroulement secondaire; alors $\mathcal{L}_2 = \mathcal{L}_{2i}$. De plus, dans tout transformateur normal, r_2^2 est très petit par rapport à $\omega^2 \mathcal{L}_{2i}^2$. L'égalité précédente devient donc

$$\lambda = \mathcal{L}_1 - (1 - \delta) \mathcal{L}_1,$$

et, si $\delta = 0$, on a aussi

$$\lambda = 0.$$

En réalité, il y a toujours une dispersion qui croît quand on se rapproche du court-circuit par charges croissantes.

Quand la résistance liquide F est réduite à zéro ou même seulement voisine de zéro, on peut fermer l'interrupteur B qui couple le câble avec le réseau sans saut brusque de tension. Il n'y a aucun danger non plus pour le transformateur à aller jusqu'au court-circuit, car l'enroulement primaire étant connecté en série avec le câble n'est jamais exposé à recevoir la tension totale du réseau. Mais il est très important qu'au début de la manœuvre, c'est-à-dire au moment de la fermeture de A, le transformateur ait une charge suffisante pour que son facteur de puissance soit voisin de 1, car alors la résistance équivalente ρ est très grande par rapport à l'inductance $\omega\lambda$. On construit en conséquence le rhéostat de manière que l'électrode ne puisse jamais être sortie du liquide. Dans une usine, un seul transformateur suffit



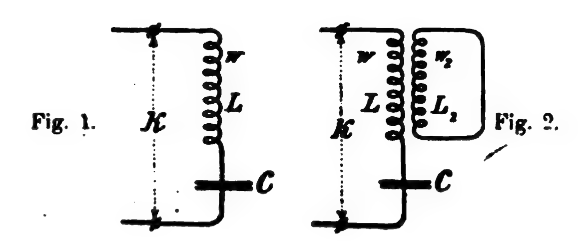
pour le démarrage des différents câbles. Quand, au contraire, on veut découpler un câble sans à-coup, on fait la manœuvre inverse : on court-circuite la résistance F, on ouvre B, puis on retire complètement l'électrode de son bain et enfin l'on ouvre A.

Comme nous l'avons remarqué plus haut, cette application du transformateur permet de faire varier l'un ou l'autre des termes ρ ou ωλ. Avec la résistance liquide, par conséquent pour une charge non inductive du transformateur, l'inductance primaire ωλ est déjà très petite pour une faible charge, et le réglage porte uniquement sur la diminution de la résistance ohmique ρ, très grande au début. Mais, si le transformateur fonctionne avec une bobine de réactance variable, c'est alors l'inductance ωλ qui est très grande et reste toujours supérieure à ρ pendant tout le temps du réglage. Ce dispositif ne convient plus pour la mise en tension d'un câble, mais s'adapte fort bien au stator d'un puissant moteur d'induction qu'on redouterait de mettre brusquement en service à cause du courant intense qui le traverserait ; dans ce cas particulier, cependant, le seul avantage du réglage par transformateur sur le réglage par bobine de réactance réside dans la possibilité de réaliser les manœuvres sur un circuit à basse tension, quand on branche le récepteur sur une distribution à haute tension.

B. K.

Conditions de résonance en tenant compte des courants de Foucault et de l'hystérésis, par GUSTAV BENISCHKE (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 18 août 1907, p. 633). — Dans un article antérieur [1], l'auteur a montré les modifications apportées dans la condition générale de résonance $\omega^2 \mathcal{L} C = 1$ quand la capacité faisant partie du circuit est constituée par un condensateur imparfait ; aujourd'hui, il se propose d'étudier l'influence des courants de Foucault et de l'hystérésis. Les premiers sont sans aucun doute des courants secondaires dont la génération et la réaction sur le courant primaire rentrent dans la théorie du transformateur en général ; pour l'hystérésis, on admet qu'elle réagit sur la valeur efficace du courant primaire comme un courant secondaire qui produirait une puissance égale aux pertes par hystérésis. Elle exerce, en outre, sur l'allure de la courbe du courant, une influence assez complexe parce qu'elle dépend de la forme et des propriétés magnétiques du noyau ; mais on peut négliger d'autant plus facilement cette influence que, pour les courants industriels, le phénomène de résonance a surtout une importance pour l'onde fondamentale. Les lois que nous établirons s'appliqueront d'ailleurs aux harmoniques supérieurs en tenant compte de leur fréquence propre. En résumé donc, on traduira l'influence des courants de Foucault et de l'hystérésis en leur substituant un courant i_2 localisé dans l'enroulement secondaire d'un transformateur, ce qui revient à passer du circuit représenté par la figure 1 à celui de la figure 2 auquel on appliquera les lois générales du transformateur. La valeur instantanée de la différence de potentiel k aux bornes du primaire est alors donnée par l'équation différentielle

$$k = ir + \left(\mathcal{L} - \frac{1}{\omega^2 C}\right)\frac{di}{dt} + M\frac{di_2}{dt},$$



qui ne diffère de celle du primaire d'un transformateur ordinaire que par la substitution de $\mathcal{L} - \frac{1}{\omega^2 C}$ à $\mathcal{L}$. Les formules (1), (2), (3), (4) et (5) de l'article précédent lui sont donc applicables ; nous y ajouterons encore une autre valeur de M, à savoir : $M^2 = x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2$, où x^2 est le facteur de couplage, c'est-à-dire un coefficient qui indique le degré de liaison entre les deux circuits magnétiques. Remplaçant M^2 par cette dernière valeur et $\mathcal{L}$ par $\mathcal{L} - \frac{1}{\omega^2 C}$, il vient (K désignant la tension efficace, et r et r_2 les résistances correspondant à w et w_2 des figures) :

$$I = \frac{K}{\sqrt{\left(r + \frac{\omega^2 x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2 r_2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2}\right)^2 + \left(\omega\mathcal{L} - \frac{1}{\omega\mathcal{L}} - \frac{\omega^2 x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2^2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}\right)^2}}$$

$$\tang\varphi = \frac{\omega\mathcal{L} - \frac{1}{\omega C} - \frac{\omega^2 x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2^2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}}{r + \frac{\omega^2 x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2 r_2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}}.$$

Si la capacité C est seule variable, on voit qu'il y aura résonance quand

$$\frac{1}{\omega C} = \omega\mathcal{L} - \frac{\omega^2 x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2^2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2};$$

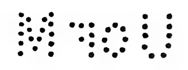
le courant maximum correspondant est

$$I = \frac{K}{\sqrt{r + \frac{\omega^2 x^2 \mathcal{L}\mathcal{L}_2 r_2}{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}}},$$

tandis que pour une pure self-induction la condition de résonance se réduit à $\frac{1}{\omega C} = \omega\mathcal{L}$ qui donne un courant $I = \frac{K}{r}$.

On voit donc que l'existence des courants de Foucault et de l'hystérésis a pour effet d'éveiller le phénomène de résonance pour une valeur bien plus faible de la capacitance ou une valeur plus grande de la capacité, ou, autrement dit, il y a retard à la résonance et diminution du courant maximum. Cette influence croît

[1] *La Revue électrique*, t. VI, 15 juillet 1906, p. 6 : *Conditions de résonance dans le cas des condensateurs imparfaits.*





encore avec la fréquence, avec le degré de couplage et avec une diminution de l'impédance $\sqrt{r_2^2 + \omega^2 \mathcal{L}_2^2}$.

Pour $r_2 = \infty$ ou $\omega \mathcal{L}_2 = \infty$ ou encore $x = 0$, on retombe dans le cas ordinaire, parce qu'il ne peut plus y avoir de courants de Foucault ou d'hystérésis. Si $r_2 = 0$ et $x = 1$, les courants de Foucault atteignent leur maximum; alors $\frac{1}{\omega C} = 0$, c'est-à-dire que la résonance a lieu pour une capacité infiniment grande, tandis le courant tend vers le maximum $\frac{K}{r}$.

Si $\mathcal{L}$ ou ω sont variables, on discute les expressions $\frac{dI}{d\mathcal{L}}$ et $\frac{dI}{d\omega}$ qui sont très compliquées; on peut dire cependant que le courant maximum est inférieur à $\frac{K}{r}$ et que, pour une capacité donnée, il faut une self-induction plus grande pour satisfaire à la condition de résonance puisque la self-induction équivalente λ est plus petite que $\mathcal{L}$.

Nous admettons que le circuit des courants de Foucault ne possède aucune capacité; car, s'il avait de la capacité, il constituerait un système oscillant analogue au système couplé de deux machines travaillant en parallèle ou d'un transformateur Tesla. Pour une liaison étroite, il y aurait diminution du maximum du courant.

On obtiendra les équations correspondant au cas où le condensateur et la self-induction sont imparfaits tous les deux en substituant, dans les formules du condensateur imparfait ([1]), à r et $\mathcal{L}$ les valeurs équivalentes ρ et λ. Or, nous avons vu que, pour un condensateur imparfait, le courant maximum est moindre à la résonance que pour le condensateur parfait; il est moindre aussi dans le cas d'une self-induction complexe; pour ces deux raisons le maximum du courant se trouve considérablement diminué.

Nous avons démontré, d'autre part, qu'avec un condensateur imparfait et une self-induction variable, la résonance avait lieu pour une valeur plus faible de celle-ci, tandis qu'il faut lui donner une valeur plus grande si l'on n'a pas affaire à une self-induction parfaite. Les deux influences peuvent donc se compenser.

Le calcul numérique de ρ et λ est impossible, parce qu'on ne connaît pas les valeurs r_2 et $\mathcal{L}_2$ correspondant aux courants de Foucault et à l'hystérésis. On y arrive cependant d'une manière détournée en déterminant le courant I et la puissance P correspondant à la tension K_d aux bornes de la bobine à l'instant où a lieu la résonance. On a alors

$$\rho = \frac{P}{I^2} \qquad \omega\lambda = \sqrt{\left(\frac{K_d}{I}\right)^2 - \rho^2},$$

ou bien encore on mesure ρ et λ au pont de Wheatstone pour courant alternatif dans les conditions mêmes où se présentent ces grandeurs dans la bobine de self-induction au moment de la résonance.

En résumé, les courants de Foucault et l'hystérésis magnétique retardent le phénomène de résonance et abaissent le maximum du courant; leur influence se fait d'autant plus sentir, qu'ils sont eux-mêmes plus intenses et que la fréquence est plus élevée. B. K.

([1]) *Loc. cit.*

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Bliss. USAP. 863692, 20 juillet 1904 (système de distribution avec batterie). — Emmet. BP. 7829, 1907 (appareil de transmission d'énergie). — Entz. USAP. 865368, 30 déc. 1905 (système de distribution). — General Electric Cy. BP. 23107, 1906. — Thomas. BP. 19461 A, 1906. — Yeatman. USAP. 863247, 7 fév. 1903 (méthode et appareil pour la transmission de l'énergie électrique).

Canalisations : *Conducteurs et conduites :* Haker. BP. 2516, 1907 (conducteurs). — Hinsky. USAP. 864167, 3 déc. 1906 (conduite isolante pour câbles). — Paterson et Bass. BP. 22691, 1906 (câbles). — Siemens et Halske. BP. 25306, 1906 (câbles). — *Supports, attaches, isolants :* Berry. BP. 18304, 1906 (dispositif pour empêcher la rupture des fils conducteurs). — Buffington. USAP. 864947. 1er mai 1907 (crampon pour fils aériens). — Cook. USAP. 862542, 18 janv. 1906 (ancrage terminal pour conducteurs et dispositif de protection). — Gallagher. USAP. 761275, 14 juin 1904 (isolateur). — Goffin. BP. 20234, 1906 (isolateurs). — Henderson et King. BP. 865697, 16 mai 1906 (isolateur). — Morris. USAP. 864251 et 864252, 20 oct. 1906 (crochet pour soutenir les conducteurs dans les courbes). — Morton. USAP. 866596, 6 nov. 1906 (isolateur). — Norton. USAP. 861887, 23 fév. 1907 (substance isolante). — Peirce. USAP. 865606, 27 fév. 1907 (suspension pour fils électriques). — Pringle. BF. 378565, 10 mai 1907 (perfectionnements à la suspension des fils, câbles, etc.). — Steiner. USAP. 862211, 24 mars 1906 (support d'isolateur). — *Connexions, joints :* Cook. USAP. 861813, 2 mars 1907 (boîte de jonction cylindrique en métal). — Dossert. USAP. 862618, 19 janvier 1904 (connexion pour câbles). — Gleason. USAP. 864781, 31 mai 1906 (boîte de jonction universelle). — Russell. USAP. 864995, 20 oct. 1906 (couvercle de boîte de jonction).

Prises de courant : Arnold et Bumpsteed. BP. 6358, 1907 (bornes). — Compagnie générale d'électricité. BF. 379701, 6 juillet 1907 (bloc de contact). — Desgeorges. BF. 379295, 4 sept. 1906 (poire à prise de courant électrique). — Kent. BP. 29406, 1906 (contact électrique). — Kreinsen. USAP. 861468, 11 juin 1906 (contact). — Metzeband. BF. 378270, 30 mai 1907 (ressort de contact).

Interrupteurs : Allgemeine Electricitäts Gesellschaft. BF. 378485, 5 juin 1907 (dispositif pour couper et rétablir les circuits). — Krieger et Brasier. BP. 8555, 1907. — Larson. BF. 378532, 6 juin 1907; BP. 13278, 1907. — Pearsons et Adams. BP. 864027, 22 oct. 1906 (interrupteur automatique pour contrôleur). — Robinson. USAP. 862513, 12 déc. 1905 (interrupteur pour haute tension). — Wappler. USAP. 863955, 30 oct. 1906 (interrupteur tournant). — Wappler et Fayer. USAP. 861783, 28 janv. 1907 (interrupteur mécanique). — Wilkinson. USAP. 862041 (conjoncteur-disjoncteur rotatif).

Commutateurs : Broadbent. BP. 20369, 1906. — Cox. BP. 22700, 1906. — Electric and Ordnance Accessories Cy. BP. 15835, 1906. — Haywood. BP. 23308, 1906.



APPLICATIONS MÉCANIQUES.

COMMANDE ÉLECTRIQUE.

Commande électrique des machines à papier, par M. ORBAN (*Bulletin de la Société belge des Electriciens*, t. XXIV, septembre 1907, p. 541 à 554). — Dans cet article, l'auteur décrit deux applications nouvelles de la commande électrique faites par la Compagnie internationale d'Électricité de Liége aux papeteries de Droogenbosch et aux papeteries de M. H. Duesberg à Verviers.

Les moteurs électriques actionnant les machines à papier dites *machine continue* doivent répondre à des exigences très particulières. Ces machines comprennent en effet de nombreux organes dont les mouvements doivent être réglables à volonté suivant la nature du papier que l'on veut fabriquer. Ce sont d'abord les épurateurs, qui reçoivent la pâte à papier à l'état fluide et la débarrassent des impuretés légères, telles que bois et paille; ils sont formés de trommels munis de fentes de $0^{mm},2$ à $0^{mm},3$ de largeur, coniques, vers l'échappement de la pâte; ils sont animés d'un mouvement rotatif lent en même temps qu'ils sont soumis à de fortes secousses au nombre de 10 à 12 par seconde, dans le but de rejeter au dehors les impuretés trop grosses pour les traverser. La toile métallique qui reçoit la pâte à la sortie des épurateurs se déplace de façon uniforme sur de petits rouleaux de cuivre; en outre elle est animée d'un mouvement transversal brusque destiné à enchevêtrer les fibres et à augmenter la résistance du papier. Vers l'extrémité de la toile sont placées des caisses dites *d'aspiration*, en relation avec des siphons ou des pompes de dépression qui extraient l'eau. La pâte, qui possède alors assez de résistance, est légèrement comprimée sous un rouleau, puis traverse la presse coucheuse, dont les cylindres sont recouverts d'une chemise en feutre sans couture; le feutre garnissant le cylindre supérieur est constamment arrosé par un filet d'eau retenu par une racle et s'écoulant sur les côtés. Le papier est alors conduit entre une série de couples de cylindres constituant les presses sèches, qui comme les presses coucheuses sont munies d'un embrayage spécial. La sécheuse qui suit les presses se compose d'un certain nombre de gros tambours creux en fonte, d'un diamètre de 1^m à $3^m,50$, chauffés par la vapeur. Le papier travere ensuite les calandres formées de deux ou d'un plus grand nombre de rouleaux en acier, puis il est enroulé ou découpé.

Les machines doivent pouvoir fabriquer des papiers d'épaisseurs très diverses et dont le poids par mètre carré peut varier de 40^g à 320^g. En vue de fabriquer du papier ayant exactement l'épaisseur et le poids surfacique que l'on désire, il est indispensable que l'on puisse modifier, au moyen d'une manœuvre simple et sûre, la vitesse de la machine par degrés insensibles et dans le rapport de 1 à 10. D'autre part les machines à papier offrent cette particularité de ne pas exiger sensiblement plus de puissance à la marche en charge que pour le fonctionnement à vide. Enfin, par suite de l'inertie considérable des pièces à mettre en mouvement, elles nécessitent un couple de démarrage beaucoup plus élevé que le couple de régime, bien que, précisément pour réduire le couple de démarrage, on ait soin de scinder les organes de commande des machines en plusieurs groupes pourvus chacun d'embrayages spéciaux.

Dans le cas de la commande par machine à vapeur, il est impossible de faire varier la vitesse de fonctionnement dans les limites voulues (de 1 à 10 comme il a été dit) sans employer de nombreux réducteurs de vitesse qui absorbent inutilement une partie de la puissance motrice; encore n'obtient-on les faibles variations de vitesse qu'en agissant sur le régulateur de la machine motrice et il faut alors des machines construites spécialement dans ce but. C'est ce qui avait lieu avant la substitution de la commande électrique, à Droogenbosch, où une machine à vapeur spéciale, à vitesse variable, d'une puissance de 60 chevaux, commandait une machine à papier continue d'une production journalière de 5 tonnes : pour les grandes variations de vitesses, on avait recours à des harnais d'engrenages; pour les vitesses intermédiaires on modifiait l'influence du contrepoids du régulateur en agissant sur lui au moyen d'un câble tendu par un poids variable et aboutissant au voisinage de la machine à papier. Mais cette solution est encore loin d'être satisfaisante, car divers mouvements tels que les secousses des épurateurs, le va-et-vient transversal de la toile métallique, le fonctionnement des pompes, etc., absorbant une puissance totale d'environ 20 chevaux, exigent au contraire une vitesse sensiblement constante. Aussi ces divers mouvements étaient-ils commandés par une série d'engrenages, les uns fixes, les autres portés par un train balladeur pouvant donner six allures différentes et permettant de rétablir la constance de la vitesse primitive.

La commande électrique, par suite de sa souplesse, supprime les nombreux inconvénients résultant de ces transmissions compliquées. En outre une même machine à vapeur actionnant une dynamo, en d'autres termes un seul groupe électrogène permet de faire fonctionner simultanément plusieurs machines à papier à des vitesses très différentes. Dans l'installation faite aux papeteries de Droogenbosch le même groupe alimente deux machines, plusieurs moteurs indépendants et le réseau d'éclairage. Voici comment M. Orban décrit cette installation :

INSTALLATION DES PAPETERIES DE DROOGENBOSCH. — La machine à vapeur, construite aux ateliers Walschaert, de Bruxelles, développe une puissance normale de 440 chevaux à la vitesse de 145 tours : minute. La distribution pour l'admission et l'échappement s'effectue





par tiroirs cylindriques avec ouvertures brusques des lumières. Le cylindre à haute pression est alimenté par de la vapeur à 9 atmosphères; à sa sortie, elle se rend en partie au cylindre à basse pression et partie à une canalisation desservant les tambours sécheurs de la continue.

Pour maintenir constante la pression de la vapeur aux tambours sécheurs, la vapeur de décharge du cylindre à haute pression agit sur un piston maintenu par ressorts à boudins. La tige de ce piston commande un mécanisme permettant de modifier le calage de l'excentrique de distribution au cylindre à basse pression, ce qui en règle l'admission suivant les variations de pression.

La génératrice shunt à courant continu développe une puissance de 130 kilowatts sous une tension de 230 volts à la vitesse de 525 t : m. Elle est du type à deux collecteurs; son induit est composé en réalité de deux roulements de 115 volts superposés. Les balais positifs d'un collecteur sont reliés aux balais négatifs de l'autre et au fil neutre.

La distribution est à trois fils à la tension de 115 volts par pont, ce qui permet d'avoir à volonté une tension de 115 ou 230 volts.

La machine à vapeur qui autrefois commandait la continue, d'une production journalière de 5t, est avantageusement remplacée par un électromoteur développant une puissance de 15 à 50 chevaux pour des vitesses comprises entre 137 et 1000 t : m.

Une seconde continue, d'une production journalière de 10t, permettant de fabriquer du papier à la largeur de 2m,25 et provenant des ateliers Chantrenne frères, de Nivelles, vient également d'être installée. Elle est actionnée par un électromoteur développant une puissance de 70 chevaux à la vitesse de 900 t : m et dont les écarts sont compris entre 120 et 960 tours.

Ces moteurs sont pourvus, de même que la génératrice, d'un induit à deux collecteurs connectés à deux enroulements superposés; ils sont installés chacun dans une cage vitrée, ce qui les met à l'abri des poussières et surtout des projections d'eau.

La commande des moteurs s'opère à l'aide d'appareils de démarrage brevetés; ceux-ci se composent en réalité de deux controllers manœuvrés simultanément au moyen d'un volant à poignées par l'intermédiaire de roues dentées.

La manœuvre de ce volant opère d'abord le démarrage et permet ensuite d'obtenir toute la série des vitesses comprises entre 120 et 960 t : m au moteur et correspond à toutes les vitesses d'avancement du papier comprises entre 12m,5 et 100m par minute, vitesses pouvant être lues sur une graduation que porte l'appareil.

L'un des controllers, traversé par le courant principal, sert de démarreur et de coupleur, tandis que l'autre permet de graduer le courant d'excitation.

Ces controllers ont été étudiés en vue d'obtenir les différentes variations de vitesse requises par la continue et les réalisent parfaitement par les combinaisons suivantes.

Le controller principal présente trois caractéristiques bien distinctes et, abstraction faite de la manœuvre de démarrage, réalise par ses dispositions trois vitesses déterminées : 120, 240 et 480 t : m, qui représentent toutes les trois l'allure minimum correspondant à la position du controller principal.

Lors de la mise en marche, le moteur, dont les deux induits sont couplés en série sur 115 volts, démarre et finit par atteindre sa valeur de régime (120 t : m), par suite de l'élimination progressive des résistances intercalées en circuit, tout en maintenant le champ à sa valeur maximum.

Pour obtenir les vitesses comprises entre 120 et 240 t : m, le controller d'excitation diminue progressi-

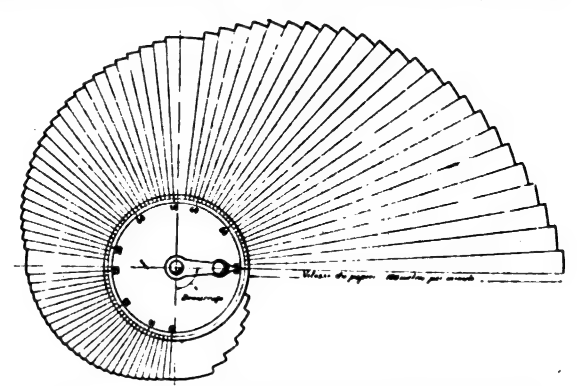


Fig. 1. — Diagramme polaire des vitesses données par le controller.

vement le champ jusqu'à la moitié de sa valeur pour atteindre la vitesse maximum de 240 t : m.

En continuant la manœuvre du volant, on arrive à la seconde période du controller principal, où les deux induits du moteur sont toujours couplés en série, mais alimentés cette fois à la tension de 230 volts.

A la vitesse de régime, 240 t : m, l'excitation a été rétablie au maximum et la diminution progressive du champ permet d'atteindre la vitesse maximum de 480 t : m pour la position correspondante du démarreur.

On arrive alors à la troisième période ou à l'allure normale de 480 t : m; les deux induits sont groupés en parallèle sur 230 volts, le champ étant ramené à sa valeur maximum.

De même que dans les cas précédents, les variations de vitesse dans les limites indiquées plus haut sont obtenues par la graduation du courant d'excitation, ce qui, dans la troisième période, permet les allures comprises entre 480 et 960 t : m.

Au reste, le controller d'excitation est pourvu de 24 plots permettant aussi de réaliser des variations de vitesse d'une quantité égale à $\frac{1}{36}$ de sa valeur.

Ci-joint (*fig.* 1) un schéma, donnant en mètres par minute les vitesses d'avancement du papier correspondant à toutes les positions du volant des controllers.

Dans la commande par machine à vapeur à vitesse variable, nous avons vu que les grandes variations étaient obtenues par harnais d'engrenages, alors que les vitesses intermédiaires s'obtenaient en modifiant la valeur du contrepoids dont était pourvu le régulateur.

Ces deux organes distincts se retrouvent, dans la

commande électrique, combinés en un seul appareil unique, peu encombrant et dont la manœuvre se réduit à un volant.

Pour les grandes variations, de valeur déterminée, le controller principal joue le rôle du harnais d'engrenages, alors que le controller du circuit d'excitation drocure les vitesses intermédiaires obtenues dans l'ancienne commande par le régulateur.

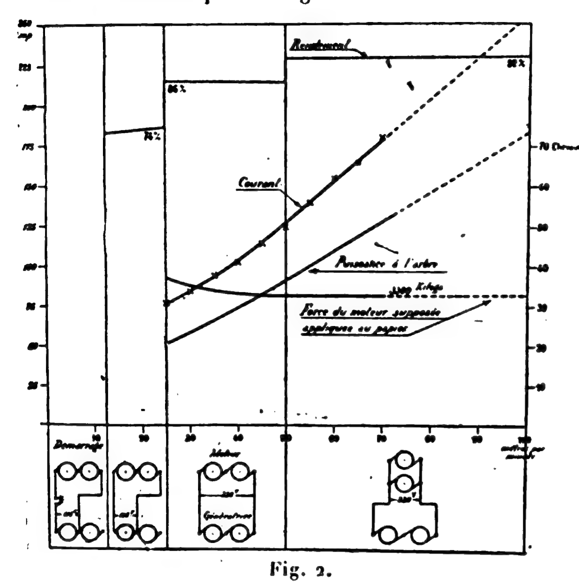


Fig. 2.

La figure 2 représente les différents couplages des induits du moteur; elle renseigne, en outre, sur la valeur du courant pour une marche de la continue à différents régimes d'avancement du papier, ainsi que la puissance et le rendement du moteur, d'où l'on peut conclure que la vitesse absorbée par une continue est approximativement proportionnelle à sa vitesse.

Outre le moteur actionnant la continue proprement dite, différents électromoteurs sont utilisés à d'autres applications, dont l'un, d'une puissance de 20 chevaux, commande les épurateurs à secousses, les pompes, agitateurs, etc., etc., organes qui nécessitent des vitesses constantes.

La génératrice centrale, d'une puissance de 130 kilowatts, alimente en outre l'éclairage, composé d'un certain nombre de lampes à arc et à incandescence; quoique suffisamment puissante pour l'alimentation totale de l'installation, un second groupe électrogène de même puissance sera installé incessamment comme réserve.

Cette précaution a pour but de parer au chômage de l'usine en cas d'arrêt accidentel de la machine à vapeur constituant le premier groupe.

INSTALLATION DES PAPETERIES DE M. H. DUESBERG, A VERVIERS. — Cette application, différente en principe de la précédente, comporte génératrice et moteur du type ordinaire à un collecteur, mais présente cette particularité que chaque continue doit être alimentée par une génératrice et une ligne qui lui est spécialement réservée et ce par suite que, dans cette méthode, les différentes vitesses sont obtenues par les variations de la tension aux bornes de la génératrice.

Dans le hall de la machine à papier, et à portée du conducteur, est installé un tableau comprenant, entre autres appareils, deux rhéostats : le premier agit sur l'excitation de la génératrice, tandis que le second, intercalé dans le circuit d'excitation du moteur, permet de réaliser toutes les vitesses intermédiaires entre celles données par deux plots successifs du premier.

Le courant d'excitation de la génératrice et du moteur de la continue est fourni par une dynamo auxiliaire, d'une puissance de 70 kilowatts, à la tension de 120 volts, et alimente en outre différents électromoteurs et l'éclairage.

La puissance de la génératrice à voltage variable peut atteindre 75 kilowatts; sa tension peut varier de 37 à 375 volts sous une intensité constante de 200 ampères; elle fournit un rendement de 90,5 pour 100 à 187 volts et 91,5 pour 100 à 375 volts.

Quant au moteur qui commande la continue, il peut développer une puissance constante de 80 chevaux à 650 t : m, le rhéostat permet des variations de vitesse comprises entre 65 et 650 t : m; son rendement atteint 91 pour 100.

Outre l'alimentation du moteur de la continue proprement dite, l'énergie électrique est utilisée à l'actionnement d'autres moteurs, ventilateurs d'aérage, voire même l'éclairage; ceci a conduit évidemment à l'installation d'un groupe électrogène central composé de plus fortes unités.

Seulement, par suite d'une répartition plus rationnelle de la puissance, il s'ensuit que les variations de charge sont de beaucoup réduites et, par suite, le rendement organique amélioré.

Alors que les pertes de charge en lignes sont certainement minimes comparativement aux pertes correspondantes dans les conduites de vapeur, que la puissance perdue dans la machine à vapeur et son harnais d'engrenages dans l'ancienne commande affecte considérablement son rendement, on observe dans la nouvelle centrale une sérieuse économie de vapeur par cheval indiqué.

En fait, une machine de centrale permet une surveillance plus active et continue; de plus, elle peut être munie des derniers perfectionnements qui lui assurent de bons rendements, ce qui était incompatible avec le service irrégulier auquel était soumise la machine à vapeur commandant auparavant la continue.

L'application des turbo-alternateurs à la commande des machines d'extraction électriques, par VIANNAY (Communication à la Société de l'Industrie minérale, section de Saint-Étienne). — La commande des machines d'extraction par l'électricité prend chaque jour un nouveau développement qui montre bien que les avantages revendiqués en sa faveur ne sont pas seulement théoriques. Ces avantages ayant été exposés ici dans une étude très complète de la question publiée l'an dernier (1), nous nous bornerons à rappeler les

(1) *La Revue électrique*, t. V, février à juin 1906, p. 97, 161, 206, 290, 335, 357.



suivants : la commande électrique donne un couple constant, d'où suppression du mouvement de balancement, si connu du mineur, résultant des variations du couple moteur de la machine à vapeur, même avec l'emploi de deux manivelles; elle augmente la sécurité par suite de la moindre usure du câble; elle permet d'augmenter considérablement, tripler si c'est nécessaire, le couple moteur sans que le moteur en soit détérioré; elle peut être réalisée dans les mines possédant une usine électrique centrale sans augmenter de beaucoup la puissance de cette usine, le même groupe électrogène pouvant, par exemple, être utilisé la nuit pour l'épuisement et le jour pour l'extraction; enfin, elle est plus économique que la commande directe de la machine à vapeur.

D'après la Communication de M. Viannay, ces divers avantages se trouvent encore amplifiés si la machine génératrice électrique est actionnée par une turbine à vapeur au lieu d'être accouplée à une machine à pistons. La turbine permet, en effet, des variations considérables de la charge, car, réalisant un énorme emmagasinement de force vive, elle constitue un puissant volant et elle peut supporter les à-coups, même les plus violents, grâce au parfait équilibrage de tous ses organes. Aussi obtient-on avec elle une excellente marche des alternateurs servant à la commande électrique des machines d'extraction, soit simplement en la munissant d'un régulateur automatique très sensible, soit en compoundant l'alternateur que l'on peut armer aussi d'un régulateur automatique de tension. D'autre part, la turbine possède sur la machine à pistons quelques avantages, tels que la réduction considérable des frais de graissage.

Mais tous ces avantages ne justifieraient peut-être pas la substitution de la commande électrique à la commande directe si celle-ci était la plus économique. Aussi M. Viannay examine-t-il la dépense de vapeur qu'exigent l'un et l'autre mode de commande.

Avec de la vapeur d'eau surchauffée à 300°, à 11 kg:cm² de pression, un vide de 90 à 95 pour 100 au condenseur, l'Allgemeine Electricitæts Gesellschaft garantit dans ses turbo-alternateurs une consommation de vapeur de $6^{kg},6$ à pleine charge, 7^{kg} à trois quarts de charge et 8^{kg} à demi-charge. Toutes les bonnes turbines d'action donnent des résultats analogues; quant aux turbines à réaction, dont la turbine Parsons est le type, elles donnent des résultats équivalents à pleine charge et de meilleurs résultats encore à demi et quart de charge. D'autre part, un moteur asynchrone du type A.E.G. consomme 1,46 kw:h par cheval-heure extrait en charge utile (¹). La consommation de vapeur se trouve donc être de $10^{kg},22$ par cheval-heure utile à trois quarts de charge et de $11^{kg},82$ à demi-charge. Or la machine à grande expansion de Werne, marchant avec de la vapeur à 11,5 kg:cm² surchauffée à 200°, qui peut être considérée comme une des meilleures machines d'extraction à vapeur, consomme par cheval-heure $11^{kg},73$ de vapeur pendant le trait et $13^{kg},95$ en moyenne.

Si la vapeur n'est qu'à une pression de 7 kg:cm², l'avantage est encore plus sensible. Par commande directe, la dépense est de $23^{kg},8$ et 28^{kg} par cheval-heure pendant le trait et pendant la nuit (¹). Or une turbine quelconque de 500 kilowatts, avec un bon vide, consomme par kilowatt-heure, à cette pression, $10^{kg},8$ à pleine charge, $11^{kg},5$ à trois quarts et $13^{kg},3$ à demi-charge, ce qui donne, pour la machine d'extraction, un maximum de consommation de $16^{kg},8$ et $19^{kg},4$ pendant le trait et pendant la nuit; encore cette consommation peut-elle descendre à 14^{kg} et $17^{kg},2$ par cheval-heure utile si l'on emploie de la vapeur surchauffée à 300°.

La conclusion tirée par M. Viannay est la suivante : la machine d'extraction électrique, si l'on élimine le système Ilgner, bon mais compliqué, est beaucoup plus simple que la machine à pistons et réalise une économie considérable de vapeur et d'huile, par l'emploi d'un turbo-alternateur à la station centrale.

(¹) Charbonnages du Grand Hornu, Belgique.

BREVETS RÉCENTS (²).

Moteurs : *Démarrage et Régulation.* — KNIGHT. USAP. 851811, 25 mai 1906 (commande à distance pour moteur). — LAYMAN. USAP. 851890 et 851891, 6 août 1906 (démarreur et frein pour moteur à courant alternatif). — MERRILL. USAP. 851823, 21 juill. 1906 (commande à distance pour moteur). — MIGDLEY. USAP. 850947, 31 janv. 1906 (régulateur de moteur). — MERSHON. USAP. 853107, 14 fév. 1904 (régulation de moteur en faisant varier le nombre de pôles pour conserver un grand facteur de puissance). — SCHERBIUS. DRP. 186464, 24 mars 1906 (dispositif pour faire démarrer les moteurs polyphasés à collecteur comme moteurs d'induction). — SIEMENS SCHUCKERT. DRP. 186445, 13 déc. 1904 (dispositif pour éviter les étincelles dans les moteurs monophasés à collecteur); BF. 375219, 19 janv. 1907 (disposition aux moteurs à collecteur pour la compensation de la tension). — STULL. USAP, 872468, 30 juill. 1906 (régulateur de moteur). — TATEM. USAP. 850277, 31 mars 1906 (régulateur de moteur). — YOUNG. USAP. 850329, 27 janv. 1906 (régulateur pour moteur de compresseur d'air). —

(¹) De la discussion qui suivit la Communication il résulte que la machine dont la consommation de vapeur est signalée ici a été calculée pour une extraction à 800ᵐ, alors qu'au moment des essais elle ne travaillait qu'à 339ᵐ. Cette remarque qui, jusqu'à un certain point, explique la grande différence de consommation entre la commande directe et la commande électrique, ne peut cependant invalider la comparaison de M. Viannay.

(²) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Iᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

A propos du chemin de fer monorail Brennan, par J.-G. CARLIER (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens,* t. XXIV, septembre 1907, p. 554-561). — Il y a quelques mois, la presse technique anglaise faisait quelque bruit au sujet d'essais d'un nouveau type de chemin de fer monorail imaginé par M. Brennan. Dans ce système, le véhicule repose soit sur un simple rail posé sur traverse au niveau du sol, soit sur un câble suspendu entre deux pylônes. La construction de la voie est donc de beaucoup plus simple que celle du monorail Behr essayé à l'Exposition de Bruxelles vers 1896 et que celle du chemin de fer de Barmen Eberfeld. Mais, pour utiliser une telle voie, le véhicule doit être placé au-dessus de la voie et non suspendu au-dessous comme dans le système Behr, et, pour assurer l'équilibre du véhicule dans ces conditions, M. Brennan a eu recours aux propriétés du gyroscope.

Les propriétés du gyroscope sont bien connues, mais leur établissement par le calcul est notablement compliqué. M. Carlier, ingénieur des Chemins de fer belges, vient d'en donner une démonstration élémentaire dans un article. Nous reproduisons ci-dessous cette démonstration, à la suite de laquelle on trouvera quelques renseignements sur le système Brennan et sur les essais auxquels il a donné lieu :

« De nombreuses études ont été faites sur le gyroscope en vue d'en connaître toutes les propriétés et tous les effets (¹). En général, elles sont fort théoriques et il suffira de recourir à des considérations très simples pour pouvoir établir le calcul de l'effet produit par un gyroscope dont les données sont connues (²).

» Supposons qu'un anneau mince, tel que celui représenté par la figure 1, tourne dans le sens indiqué par la flèche R autour de l'axe AB passant par son centre. Si, *pendant que l'anneau tourne ainsi,* on tend à changer l'orientation de l'axe AB, en y appliquant le couple de forces P, P, de manière à faire évoluer l'axe AB de l'anneau autour de CD, on observe que l'axe AB évolue, non autour de CD, mais bien autour de l'axe EF, comme indiqué par le couple *f*, *f*. L'axe EF, autour duquel l'anneau, tout en tournant autour de AB dans le sens indiqué par la flèche R, évolue, est perpendiculaire à la fois à l'axe AB de l'anneau et à l'axe CD du couple P, P des forces agissantes.

» Pour expliquer ce fait, considérons un élément infiniment petit de l'anneau tournant à la fois autour de l'axe AB et de l'axe EF. Au moment où cet élément de matière se trouve en S sur l'axe CD, sa vitesse vaut $r\omega$, r étant le rayon moyen de l'élément et ω étant sa vitesse angulaire autour de l'axe EF. Lorsque cet élément arrive en T, sa vitesse par rapport à EF s'annule, ce qui ne peut être que le résultat de l'application d'une force dont le sens est opposé à celui de la vitesse dont est animé l'élément de matière en passant de S en T.

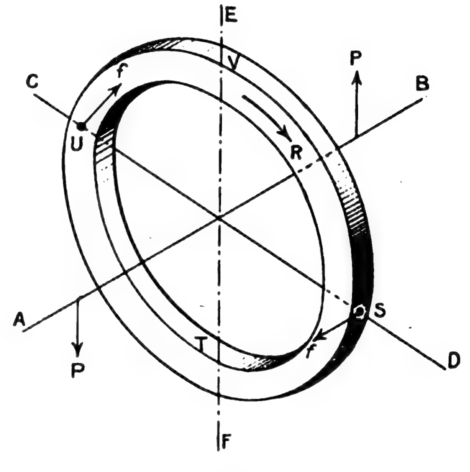


Fig. 1.

» En passant de T en U, l'élément acquiert une vitesse croissante et telle qu'en U sa valeur soit la même qu'en S, mais dirigée en sens contraire.

» La vitesse dont est animé l'élément considéré de l'anneau, lorsqu'il arrive en U, ne peut être due qu'à une force dirigée dans le sens de la vitesse que possède l'élément de l'anneau, à savoir, relativement au plan de l'anneau, dans la même direction que la force agissant sur la portion élémentaire de l'anneau, depuis S jusqu'en T.

» De même, en allant de U en V et de V en S, il faut admettre qu'une force agisse sur l'élément de matière considéré, pour éteindre d'abord et faire acquérir ensuite à cet élément une certaine vitesse par rapport au plan de l'anneau. Or, la force qui fait engendrer à la portion considérée de l'anneau, pendant son trajet de U en S, une certaine vitesse, doit évidemment être dirigée en sens inverse de celle qui agit sur la moitié inférieure de l'anneau. Ainsi les deux forces composent un couple de rotation qui tend à faire évoluer l'anneau lui-même autour de l'axe CD, alors qu'en réalité il évolue autour de l'axe EF.

» Il résulte de l'existence de ce couple de rotation qu'on doive appliquer un couple de forces tendant à le faire évoluer autour de l'axe CD pour obliger l'anneau

(¹) On peut citer : les travaux de GILBERT; le *Recueil des travaux scientifiques* de Léon FOUCAULT (1878); CHAMOUSSET, *Nouvelle théorie élémentaire de la rotation des corps,* etc.

(²) *Voir* aussi à ce sujet l'*Engineering* du 10 mai 1907 et numéros suivants; *Compte rendu de la Royal Society Soirée* de Londres, du 8 mai 1907.

à évoluer autour de l'axe EF, pendant la rotation de celui-ci autour de l'axe AB.

» Il est à remarquer que ce couple n'apparaît pas, aussi longtemps que l'anneau n'évolue pas autour de CD. En établissant une relation entre la vitesse de l'anneau, entre celle de son évolution autour de l'axe EF ou vitesse de précession et entre la valeur du couple P — P agissant sur l'axe AB, il est possible de déterminer la valeur du couple, qui agirait à l'encontre du couple de déviation, qui serait appliquée au système.

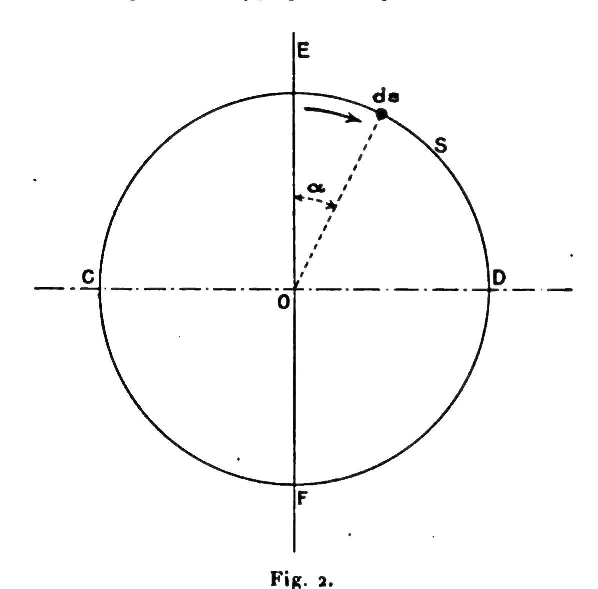


Fig. 2.

» Supposons (*fig.* 2) que l'élément de matière *ds* arrive en S. A ce moment, il tourne à la fois autour de l'axe EF et du centre O de l'anneau. Sa vitesse v, par rapport à EF, vaut $r\omega \sin\alpha$, r étant le rayon moyen de l'anneau et ω sa vitesse angulaire par rapport à l'axe EF.

» En différentiant v par rapport au temps, il vient

$$\frac{dv}{dt} = r\omega \cos\alpha \frac{d\alpha}{dt},$$

expression dans laquelle $\frac{d\alpha}{dt}$ représente la vitesse angulaire de *ds* autour du centre O.

» Si M représente la masse totale de l'anneau et m la masse de l'élément infiniment petit *ds*, on trouve que $m = \frac{M\,d\alpha}{2\pi}$ et l'effort f agissant en S sur l'élément *ds* est égal à

$$f = m\frac{dv}{dt} = \frac{M\,d\alpha}{2\pi} r\omega \cos\alpha \frac{d\alpha}{dt}$$

ou bien

$$\frac{M\,d\alpha}{2\pi} r\omega \cos\alpha\, a,$$

en remplaçant $\frac{d\alpha}{dt}$ par a.

» Par rapport à CD, le moment de la force f vaut $fr\cos\alpha$ et le couple de rotation autour de CD, pour l'anneau entier, vaut

$$C = \sum fr\cos\alpha = \int_0^{2\pi} \frac{M r^2 \omega a \cos^2\alpha\, d\alpha}{2\pi} = \frac{M r^2 \omega a}{2},$$

lorsque le gyroscope a la forme d'un volant.

» Si le gyroscope est constitué par un disque, la formule s'exprime par $C = \frac{M\rho^2\omega\alpha}{2}$ dans laquelle ρ est le rayon de gyration du disque par rapport à son centre.

» Prenons un exemple :

» Soit le poids de l'anneau, du gyroscope considéré, égal à 25^{kg} et le rayon de l'anneau égal à 150^{mm}, et supposons que le gyroscope accomplisse une révolution en 3,14 secondes, c'est-à-dire que sa vitesse angulaire (vitesse de précession) autour de l'axe EF soit égale à l'unité ; la vitesse de l'anneau angulaire autour de son centre étant de $200\,\pi$ par seconde (6000 tours par minute), on trouve, pour la valeur du couple,

$$C = \frac{25 \times 0,15 \times 200 \times 3,14 \times 1}{9,81 \times 2} = 120 \text{ m-kg},$$

chiffre qui montre qu'un gyroscope relativement léger, et dont la vitesse de précession est faible, peut équilibrer un couple de déviation très important.

» De l'équation ci-dessus il résulte que plus, la vitesse angulaire du gyroscope par rapport à l'axe vertical qui passe par ses supports-balanciers est grande, plus le couple de stabilité du gyroscope sera important et pourra utilement s'opposer au couple de déviation qui viendrait à agir sur lui.

» L'accélération de précession peut être donnée au gyroscope au moyen d'un rouleau, monté sur l'axe prolongé du gyroscope, de telle manière qu'il vienne en contact avec l'enveloppe dans laquelle le gyroscope est enfermé, dès que ce dernier est animé de la plus petite vitesse de précession.

» M. Brennan a montré, au mois de mai dernier, aux membres de la Royal Society, une excellente application de l'effet stabilisateur des gyroscopes appliqués à une automotrice de chemin de fer monorail.

» Dans ce monorail, le centre de gravité de l'automotrice se trouve à une assez grande hauteur au-dessus du rail et cependant celle-ci n'éprouve aucune tendance à verser ; cela grâce aux deux gyroscopes à axes horizontaux qui se trouvent à l'intérieur et qui tournent en sens inverse.

» Quand ces engins tournent à leurs vitesses de régime, le véhicule se tient parfaitement droit, qu'il soit en mouvement ou qu'il soit arrêté.

» Les volants-gyroscopes sont supportés d'une manière particulière et se meuvent dans le vide, pour éviter les frottements dus à l'air. Des moteurs électriques entretiennent leurs mouvements.

» Le véhicule que M. Brennan (*fig.* 3) a montré à la Royal Society avait une longueur d'environ 2^m. Il était porté par quatre petites roues, partagées en deux groupes montés en bogie, placés à chaque about de la voiture.

» Les bogies sont articulés dans le plan horizontal et dans le plan vertical, de façon à permettre au véhicule

de s'inscrire dans des courbes de petit rayon et de passer sans risque de déraillement sur les dénivellations du rail.

» L'énergie électrique provenait des accumulateurs que le véhicule portait lui-même.

» Dans cet engin, le poids des deux volants gyroscopiques représentait à peu près 5 pour 100 du poids total du véhicule avec sa charge.

» De nombreuses expériences furent faites avec ce véhicule, à Burlington House, pendant le meeting de la Royal Society; on l'a fait circuler sur un câble

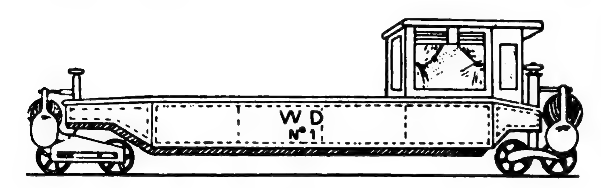


Fig. 3.

tendu, on lui a fait parcourir des courbes de très faible rayon, on l'a fait tourner de 90° autour de son rail-support, etc., et toujours le véhicule est resté sur son appui, reprenant sa position première aussitôt le couple perturbateur disparu.

» Certes, cette application doit se révéler à nous comme extraordinaire et comme très grosse de conséquences dans une foule de cas.

» Il n'est cependant pas possible, en ce moment, de prévoir les multiples cas d'application qui se présenteront; mais, au point de vue du transport par chemin de fer, la chose mérite, dès à présent, une attention spéciale.

» Il est à penser que les premières applications se feront pour des chemins de fer de colonies, là où des difficultés géologiques se présentent nombreuses et où il s'agit, en général, de réduire le plus possible le coût de la voie.

» Le chemin de fer Brennan, s'assouplissant en quelque sorte aux défectuosités du terrain qui porte la voie sur laquelle il roule et n'utilisant qu'une seule file de rails, a, semble-t-il, un avantage marqué sur les systèmes birails à faible écartement de rails et à petite surface de terrain.

» La question ne paraît plus être de la même importance dans les cas des grands chemins de fer birails. A ce point de vue la substitution, pour une foule de raisons, ne paraît pas devoir se faire.

» Les expériences de M. Brennan se poursuivent actuellement sur une plus grande échelle. Sans doute, l'inventeur nous montrera, dans quelques mois, un chemin de fer à dimensions normales et complètement mis au point.

» D'ici là, attendons! J.-G. CARLIER. »

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. BP. 10452, 1906 (traction électrique). — BATCHELDER. USAP. 865988, 21 oct. 1905 (locomotive électrique). — KINTNER. BP. 18278 et 18279, 1906 (tramways et chemins de fer électriques). — JOHNSON. BP. 14163, 1906 (traction électrique). — PIEPER. BP. 15180, 1906 (autos électriques). — POTTERAT. BP. 1333, 1907 (traction électrique). — ROTHWELL. BP. 11615, 1906 (chemins de fer électriques). — SAHULKA. BF. 378517, 6 juin 1907 (système d'actionnement pour véhicules automobiles).

Conducteurs et voie : *Lignes à trôlet :* CLARK. USAP. 860526, 10 juin 1906 (suspension pour fil de trôlet). — DYER. USAP. 864520, 7 sept. 1906 (suspension pour fil de trôlet). — FELLOWS. USAP. 862891, 13 avril 1906 (support de poteau de fil de trôlet). — MITTELHAUSEN et BRECKNELL, MUNRO AND ROGGERS LTD. BP. 21468, 1906 (attache pour fils de trôlet). — PRINGLE. BF. 378595, 10 mai 1907 (perfectionnements à la suspension des fils pour la traction électrique). — SNIKER. USAP. 861325, 29 août 1906 (dispositif pour nettoyer les fils de trôlet). — *Ligne à 3e rail :* FARNHAM. USAP. 865879, 17 juillet 1905 (ligne à 3e rail renversé). — *Ligne à contacts superficiels :* BROWN. USAP. 860726, 29 juillet 1904 (chemin de fer à contacts superficiels). — *Joints conducteurs :* WILLARD. USAP. 863818, 31 mars 1899 (joint conducteur constitué par un simple fil à plusieurs contacts).

Prises de courant : *Trôlet :* ASHURST. USAP. 865474, 25 mars 1907. — ATKINS. USAP. 860114, 20 oct. 1906 (perche de trôlet). — BRADT. USAP. 868701, 5 déc. 1906 (roue de trôlet). — BREESSE. USAP. 862441 et 862442, 11 août 1902 (trôlet à système de contrôle). — BRUEGGEMAN. USAP. 864228, 23 avril 1906 (perche de trôlet). — CLARK. USAP. 862135 et 866193, 1er mars 1906 et 20 fév. 1907 (rattrapeur et guide de trôlet). — FELLOWS. USAP. 861233, 16 juillet 1906 (perche de trôlet automatique); 866349, 15 sept. 1905 (support pivotant pour perche de trôlet). — GIBBS. USAP. 864965 (tête de trôlet). — HILL. USAP. 862159, 2 mars 1907. — HUMPHREY. USAP. 866363, 12 oct. 1906 (roue de trôlet). — KIDNEY. USAP. 862485 (roue de trôlet). — MACKIN. USAP. 860681, 6 avril 1906. — NOBLE. USAP. 862277, 13 janv. 1905 (ressort de contact pour roue de trôlet). — ORLOFF. USAP. 862191, 12 juillet 1906 (roue de trôlet). — PADLEY. USAP. 864912, 1er juin 1906 (perche). — PERKINS. USAP. 862934, 21 fév. 1906 (rattrapeur de trôlet). — ROSS. USAP. 866224, 5 fév. 1906 (perche de trôlet télescopique). — SMALL. USAP. 864571, 5 déc. 1906. — SAWYER. USAP. 862350 (roue de trôlet). — SAYERS. BP. 23040, 1906. — WILDER. USAP. 865323, 10 janvier 1906 (roue de trôlet avec protecteur de fil automatique).

Combinateurs et freins : GIBBS. USAP. 860972, 21 sept. 1905 (changements de vitesse magnétiques pour automobiles). — JONES. USAP. 863540, 10 déc. 1906 (commande des trains par système sans fil). — SEDGWICK. USAP. 864866, 28 nov. 1906 (frein automatique). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. BP. 16582, 1907 (combinateurs pour trains).

Divers : CLARK. USAP. 861018, 26 mars 1907 (aiguille à commande électrique pour tramways). — COLEMAN. USAP. 866261, 10 janv. 1907 (signal électrique). — FALLEK et WOLFE. USAP. 864961, 22 avril 1907 (appel électrique automatique pour voitures de tramways). — HUTCHISON. BP. 18070, 1906 (trompe pour automobiles).

ÉCLAIRAGE.

Éclairage électrique des trains système Verity-Dalziel. — Le système d'éclairage électrique des voitures de chemins de fer, imaginé par M. Dalziel, ingénieur de la grande Compagnie du Midland Railway, et réalisé depuis un an environ par l'importante maison anglaise de construction Verity de Manchester, appartient à la classe des systèmes autogénérateurs à batterie unique dont le schéma simplifié est donné sur la figure 1 : une dynamo génératrice D actionnée par un essieu et couplée en parallèle pendant la marche au moyen du conjoncteur

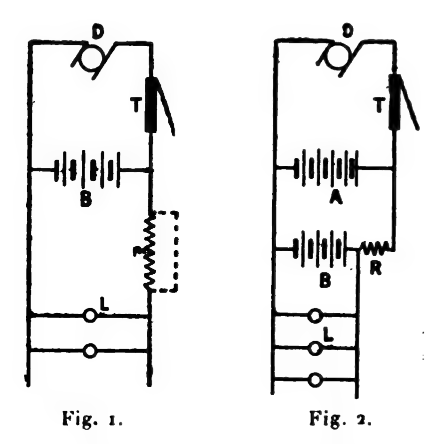


Fig. 1. Fig. 2.

disjoncteur T avec une batterie B, alimente les lampes L, devant lesquelles est placée une résistance d'absorption *r* destinée à compenser l'élévation légère de tension des accumulateurs en charge ; pendant les arrêts le disjoncteur T est ouvert et la résistance *r* est mise en court-circuit, de sorte que les accumulateurs B en décharge desservent seuls les lampes [1]. Le poids et les dépenses de premier établissement et d'entretien y sont donc plus réduits que dans les systèmes à double batterie tels que les systèmes anglais Stone et Vickers-Hall, et français Vicarino, et d'autant plus que dans le système Verity-Dalziel les accumulateurs peuvent être de faible capacité parce que le fonctionnement de l'ensemble est réglé de sorte qu'ils agissent seulement comme réservoir d'électricité pendant les arrêts et non pas comme organe régulateur pendant la marche, période pendant laquelle la régulation est effectuée d'une manière suffisamment précise pour être reportée entièrement sur la dynamo, ainsi que cela avait déjà été réalisé dans les systèmes français Loppé [1], suisse Brown-Aichele [2] et anglais Leitner-Lucas (*loc. cit.*).

Le système Verity-Dalziel ne comporte pas le petit perfectionnement réalisé depuis quelques années dans le système Büttner [3] et récemment dans les systèmes Leitner-Lucas, Vickers-Hall, Brown-Aichele [4], de la division de la résistance d'absorption *r* (*fig.* 1) en plusieurs fractions introduites ou retirées successivement, de manière à éviter les petites sautes de lumière qui se produisent à la conjonction et à la disjonction de la dynamo, surtout dans les systèmes à batterie unique. Cette petite saute de lumière se produit donc forcément dans le système Verity-Dalziel, où la résistance *r* de valeur fixe est introduite ou retirée d'un seul coup, mais en vérité elle a peu d'importance puisqu'elle ne dépasse pas une amplitude d'un volt et une durée de 2 secondes environ; beaucoup de systèmes l'admettent, tels le Loppé, le Stone, le Vicarino.

Le système Verity-Dalziel est caractérisé par un mode de régulation, sinon entièrement original, car nous en avons retrouvé les éléments dans des systémes antérieurs, du moins particulier [5]. Le prin-

(1) Le système Leitner-Lucas, qui a précédé en Angleterre d'un an environ le système Verity-Dalziel (voir *Revue électrique*, t. VI, 30 juillet 1906, p. 51), est également un système à batterie unique, mais le système Vickers-Hall, introduit en Angleterre à peu près à la même époque, et le système Stone, répandu depuis longtemps en Angleterre, sont des systèmes à deux batteries permutées successivement, l'une A (schéma de la figure 2) étant en charge pendant que l'autre, B, est en décharge sur les lampes et ne reçoit aucune charge à cause de la résistance R.

(1) *La Revue électrique*, t. I, 30 juin 1904, p. 353.

(2) *La Revue électrique*, t. VII, 30 janvier 1907, p. 55.

(3) *La Revue électrique*, t. IV, 30 juillet 1905, p. 35.

(4) *Loc. cit.*

(5) Rappelons brièvement le principe de la régulation dans les trois autres systèmes usités en Angleterre. Dans le Stone à deux batteries la régulation est réalisée premièrement par un glissement de plus en plus grand de la courroie de commande de la dynamo à mesure que la vitesse du train augmente; elle est achevée par la batterie en décharge. Dans le Vickers-Hall à une ou deux batteries, la force électromotrice de la dynamo est maintenue sensiblement constante, malgré les variations de vitesse, par une introduction de résistances dans son excitation au moyen d'un régulateur centrifuge; la batterie en décharge achève la régulation. Dans le Leitner-Lucas à batterie unique, la régulation de la force électromotrice de la dynamo est commencée par l'effet de réaction d'induit de la dynamo elle-même (munie à cet effet d'une seconde paire de balais auxiliaires perpendiculaires aux balais principaux) et achevée par introduction de résistances variables dans son excitation et dans la résistance d'absorption des lampes, au moyen d'un servo-moteur électrique commandé par un relais de tension.

cipe consiste à disposer, comme dans le système français Loppé et dans un système américain décrit par M. Bliss à l'American Institute of Electrical Engineers de New-York en février 1903 ([1]) (et construit à cette époque par l'American Railway Electric Light Cy), une dévoltrice dont la force électromotrice augmente à mesure que la vitesse du train augmente. Mais, au lieu de faire tourner cette dévoltrice à la même vitesse que la dynamo principale (c'est-à-dire à vitesse angulaire croissant proportionnellement à la vitesse de marche du train), en la montant simplement sur le même arbre, comme dans le système Loppé, on l'actionne par un moteur électrique spécial à vitesse peu variable, dispositif déjà employé dans le système américain sus-indiqué. On peut alors laisser la dynamo principale seule dans son bâti et en séparer complètement les organes régulateurs placés dans une position quelconque sous ou dans la voiture, mais en revanche on complique l'équipement par l'adjonction d'une seconde dynamo. En réalité le système Verity-Dalziel comporte encore une troisième dynamo servant d'excitatrice à la dévoltrice; le dispositif (consistant à faire agir les variations de fonctionnement, non pas directement sur l'excitation de la dévoltrice, mais sur l'excitation de l'excitatrice de la dévoltrice), imité de ce qui est fait couramment pour les survolteurs dévolteurs des installations fixes à batteries d'accumulateurs, permet de se rendre mieux maître de la régulation, mais il rend l'équipement encore plus compliqué. Il est vrai que les trois dynamos auxiliaires ainsi introduites sont toutes sur le même arbre et très petites puisqu'elles sont enfermées dans une boîte de 9^{dm^3} de volume et 45^{kg} de poids; elles n'en ont pas moins trois collecteurs et trois balais, organes qu'il faut vérifier de temps en temps et que, à notre avis, il est préférable d'éviter quand on le peut.

On peut encore citer, comme particularité de la régulation du système Verity-Dalziel, que l'organe auxiliaire intercalé dans l'excitation du shunt de la dynamo principale agit d'abord comme survolteur au démarrage avant de servir de dévolteur aux vitesses plus élevées. Le même fait se produisait déjà, sinon d'une manière aussi précise, du moins d'une manière plus simple et bien plus élégante, par l'utilisation de la réaction d'induit dans le système Leitner-Lucas (*loc. cit.*).

La figure 3 donne le schéma complet du système Verity-Dalziel. Les lampes L sont branchées en dérivation sur les deux fils principaux positif p_1 et négatif n_1, en même temps que la batterie d'accumulateurs B_1, mais avec intercalation d'une résistance d'absorption R mise en court-circuit aux repos et démarrages par le solénoïde B. En marche, la

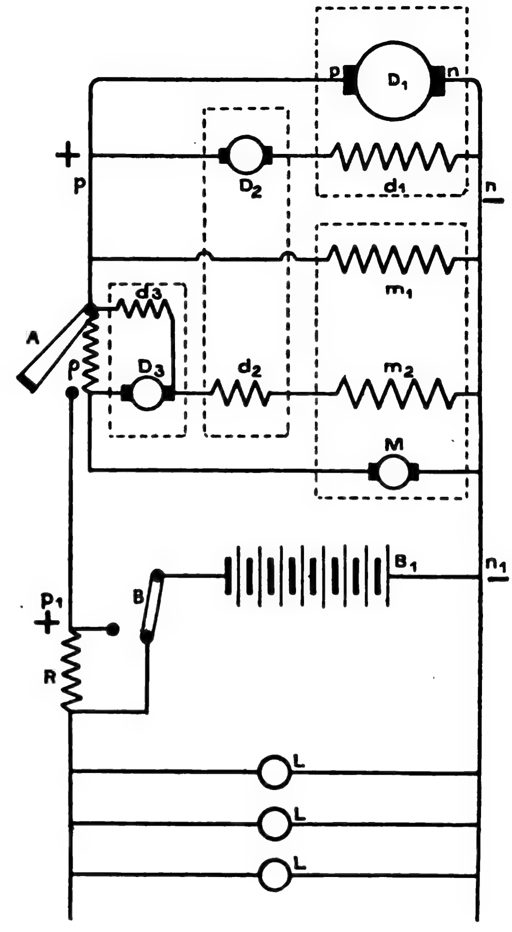


Fig. 3.

dynamo principale D_1, dont le balai négatif n est relié en permanence avec le fil principal négatif n_1 de la canalisation, est connectée en parallèle avec la batterie B_1 et le circuit RL des lampes par la liaison de son balai positif p avec le fil positif p_1 de la canalisation, liaison effectuée par la manœuvre de conjonction du conjoncteur-disjoncteur A. Le champ inducteur de la dynamo principale D_1 est à saturation assez faible et excité par un enroulement shunt à fil fin d_1 branché en dérivation entre les balais avec intercalation de l'induit D_2 d'une petite dynamo survoltrice-dévoltrice à champ inducteur également à saturation moyenne, c'est-à-dire contenant relativement peu de fer. Cet inducteur est excité par un courant d'un sens ou de l'autre traversant une bobine à fil fin d_2 intercalée en série avec l'induit D_3 d'une dynamo auxiliaire à excitation shunt à fil fin d_3 et avec un circuit inducteur m_2 à

([1]) Nous avons donné une description de ce système d'après les Comptes rendus de la Société américaine, dans l'*Éclairage électrique*, t. XXXVI, 8 août 1903, p. 212.

gros fil du moteur à induit M, lequel possède un second circuit excitateur m_1 à fil fin disposé en dérivation sur la canalisation principale *pn*. Le champ inducteur du moteur M contient beaucoup moins de fer que celui de la dynamo auxiliaire D_1 et se trouve par conséquent bien moins saturé, c'est-à-dire contenu dans la partie ascendante de la courbe d'aimantation où l'induction croît rapidement avec la force magnéto-motrice. La dynamo dévoltrice D_2 et la dynamo principale D_1 sont également très sensibles. Le champ de la dynamo auxiliaire D_3 au contraire se trouve saturé, c'est-à-dire contenu dans la partie presque horizontale de la courbe où l'induction croît très peu avec la force magnétomotrice dont les variations de force électromotrice d'induction sont ainsi presque insensibles sur cette dynamo auxiliaire D_3.

Ceci posé, voici comment les choses se passent dans l'ensemble de l'équipement quand le train se met en marche. Les électro-aimants A et B ont leurs armatures ouvertes au repos et les lampes sont alimentées directement par les 25 éléments de la batterie B, soit à la tension de 50 volts, la résistance R étant court-circuitée. Ces deux électros A et B restent ouverts tant que la vitesse du train n'atteint pas 25 km : heure; mais, dès le démarrage, la dynamo principale, commandée par l'essieu et excitée en shunt, voit naître entre ses balais une force électromotrice croissante qui atteint 45 volts à 24 km : heure (partie YD'_1 sur la courbe D_1 de la figure 4); en même temps le moteur M, qui est

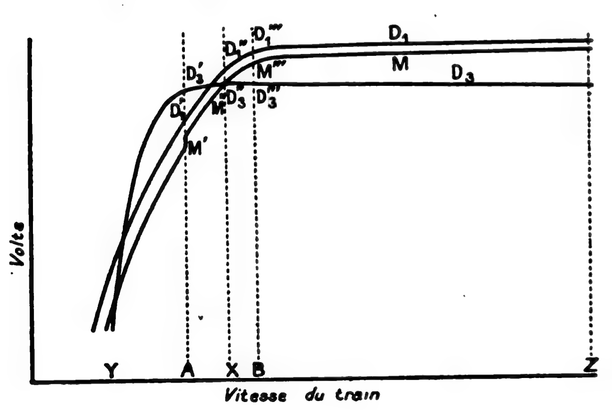


Fig. 4.

toujours connecté avec les fils principaux *np*, c'est-à-dire avec les balais de la dynamo D_1, même au repos, mais avec intercalation d'une résistance de démarrage ρ, se met en marche avec une vitesse réduite et ne croissant pas plus vite que celle de la dynamo principale D_1; la partie YM' de la courbe M indique l'élévation de force électromotrice, semblable à celle de la dynamo, pendant cette période où, au contraire, la force électromotrice de l'excitatrice D_3 croît très vite de Y à D'_3, à cause de la section plus faible du circuit magnétique. La force électromotrice développée par la rotation de cette excitatrice D_3, calée sur le même arbre que le moteur et agissant comme génératrice, étant supérieure (par exemple 20 volts) à celle développée entre les balais de la dynamo principale, soit entre les fils *np*, par exemple 35 volts, la tension résultante qui existe aux bornes du circuit inducteur d_2 de la dynamo D_2 et qui est égale à la différence entre les deux tensions précitées, soit 5 volts (car les résistances ohmiques de m_2 et D_3 et même ρ sont négligeables devant d_2), fait circuler dans le circuit inducteur d_2 un courant de sens tel qu'il crée dans l'induit D_2 une force électromotrice qui s'ajoute à celle provenant des balais de la dynamo D_1. D_2 fonctionne alors comme survoltrice et vient renforcer le champ magnétique d_1 de celle-ci et, par suite, accélérer l'élévation de force électromotrice dans l'induit D_1, soit aussi entre les fils *np*. C'est ainsi que cette force électromotrice atteint 45 volts au point A; à ce moment, le solénoïde du conjoncteur A (*fig.* 3), branché en dérivation entre les fils, produit l'attraction de son armature et connecte la dynamo D_1 avec la batterie B_1 et les lampes L, en même temps que la résistance de démarrage ρ est mise en court-circuit, ce qui provoque un petit saut M' dans la vitesse et la force contre-électromotrice du moteur M, qui continuent à croître régulièrement. Mais, à partir du point A, le champ magnétique de l'excitatrice D_3 se trouvant presque saturé, la force électromotrice D'_3 (*fig.* 4) développée dans l'induit D_3 de cette excitatrice croît à peine à partir du point X, où elle atteint 57 volts et devient égale à celle développée par la rotation de l'induit principal D_1 qu'elle équilibre; à ce moment X il ne passe donc plus aucun courant dans le circuit inducteur d_2 de la survoltrice D_2, et celle-ci n'introduit aucune tension dans un sens ni dans l'autre dans l'excitation shunt de la dynamo principale D_1. Au delà du point X, la force électromotrice D_3 (de la figure 4) développée dans l'induit D_3 de l'excitatrice ne croît plus et se maintient à 57 volts par suite de la saturation du champ magnétique de cette machine, malgré l'élévation de force électromotrice M''' (*fig.* 4) et de vitesse du moteur M, tandis que la force électromotrice D'''_1 développée dans l'induit D_1 de la génératrice continue à augmenter assez rapidement pendant encore un certain temps et devient ainsi plus élevée que la précédente D''_1. Il en résulte qu'à partir de ce moment le courant change de sens dans le circuit $m_2 d_2 D_3 A$ de l'inducteur d_2, qui se trouve soumis à une différence de potentiel de sens contraire, égale à la différence entre D_1 et D_3 et allant en croissant avec la vitesse du train; la

dynamo D_2, se trouvant alors excitée en sens contraire avec une force de plus en plus grande, produit dans son induit D_2 une force électromotrice de sens contraire à celle existant entre les fils *np* et résultant de l'excitation shunt d_1 de la dynamo principale. Le courant d'excitation circulant dans l'inducteur d_1 de la dynamo principale D_1 est ainsi diminué, mais dans une faible mesure, au début, de sorte que, lorsque la vitesse de cette dynamo D_1 augmente de X à B (*fig.* 4), elle développe encore une force électromotrice résultante légèrement croissante (courbe $D_1'' D_1'''$). Pendant la période assez courte AXB et comprise en réalité entre 24 et 29 km : heure, la force électromotrice résultante entre les fils positif *p* et négatif *n* croît de 45 à 58 volts environ, et la dynamo fournit, de concert avec la batterie, une partie du courant consommé dans les lampes, ce courant traversant la résistance R placée entre les lampes L et la dynamo et qui réduit de 58 à 50 volts la tension utile en L, tandis que le courant fourni par la batterie B_1 se rend directement aux lampes L avec la tension de

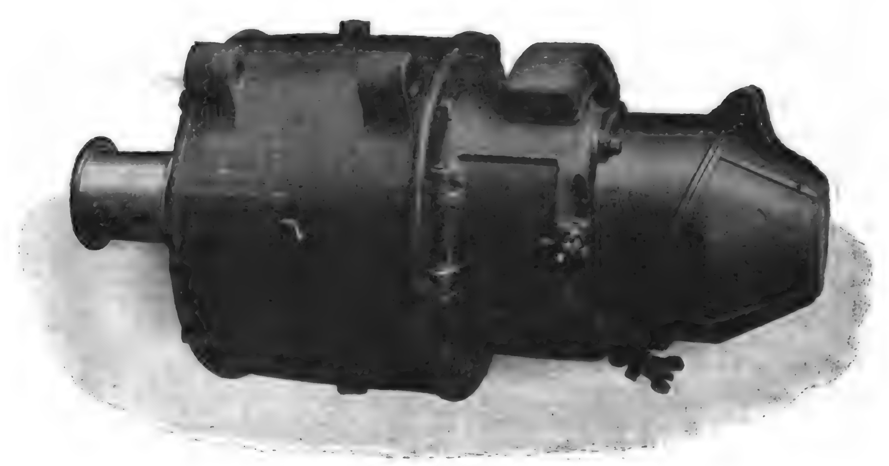


Fig. 5.

décharge de 50 volts. Arrivé au point B correspondant à une vitesse de marche de 29 km : heure, l'électro-aimant B met la batterie B_1 en communication directe avec la dynamo, la résistance R restant intercalée entre la dynamo et les lampes et réduisant la tension de 58 à 50 volts; à partir de ce moment, les lampes sont alimentées exclusivement par la dynamo, qui fournit en outre un léger courant de charge à la batterie d'accumulateurs, dont la tension s'élève à 58 volts. A mesure que la vitesse du train augmente au delà du point B, la vitesse de la dynamo principale actionnée par l'essieu augmente proportionnellement; mais la vitesse du moteur M et, par suite, des deux dynamos régula-

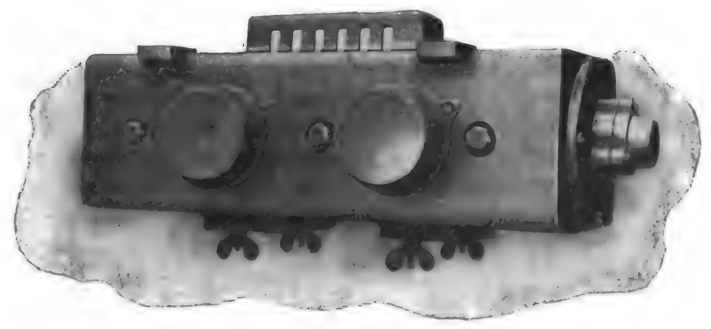


Fig. 6.

trices D_3 et D_2 n'augmente pas (et même diminue légèrement, comme on le verra plus loin), puisque cette vitesse dépend, par le circuit inducteur shunt m_1 du moteur, de la tension entre les fils principaux *n* et *p*, qui n'augmente pas. En effet, la force électromotrice développée par la rotation de l'induit D_1 de la dynamo principale augmenterait bien avec la vitesse si son courant d'excitation, cir-

culant dans l'enroulement shunt d_1, restait constant; mais ce courant diminue avec la vitesse de la manière suivante : si une augmentation de tension de 1 volt se produit entre les balais de la dynamo, c'est-à-dire entre les fils *n* et *p*, par exemple de 58 à 59 volts, la tension développée par l'excitatrice restant constante et égale à 57 volts (la vitesse du moteur M qui l'actionne restant constante), la tension différentielle existant dans l'inducteur de la dévoltrice D_2 passe de 1 à 2 volts, ce qui a pour effet de créer dans l'induit de la dévoltrice D_2 une force électromotrice de 20 volts au lieu de 40; la tension agissant sur l'excitation shunt d_1 de la dynamo principale D_1, qui était auparavant de $58 - 10 = 48$ volts, se trouvera alors réduite à $59 - 20 = 39$ volts, ce qui aura pour effet de faire baisser la force électromotrice créée dans l'induit de la dynamo principale D_1 tournant sous le champ d_1 et de la ramener à la valeur normale de 58 volts. L'effet de dévoltage du champ d_1 de la dynamo principale D_1 à mesure que la vitesse angulaire de celle-ci croît est encore accentué par le fait que la tension D_3 développée par l'excitatrice D_3 et qui se retranche de la tension D entre les fils *n* et *p*, au lieu de rester constante comme on le supposait plus haut, égale à 57 volts, diminue légèrement, jusqu'à 53 volts, à mesure que la vitesse du train et de la dynamo principale augmente ([1]), ce qui a pour résultat de faire croître davantage la tension d'excitation $D_3 - D_1$ de la dévoltrice.

On se rend compte de la raison qui a fait employer deux dynamos régulatrices au lieu d'une seule : c'est pour rendre la régulation plus sensible, parce qu'une faible variation de la tension sur la dynamo D_3 produit une grande variation sur la dévoltrice.

Le système de régulation, étant basé sur la variation de la différence de potentiel entre les conducteurs principaux *n*, *p*, n_1, p_1, agit non seulement quand la vitesse varie, mais quand la différence de potentiel varie pour une autre cause, telle qu'un changement important dans le nombre de lampes allumées, tandis que, dans beaucoup d'autres systèmes où les organes régulateurs agissent lors des variations de l'intensité de courant, il est nécessaire d'avoir un organe ou enroulement supplémentaire pour compenser les variations du nombre de lampes. En outre, dans le système Verity-Dalziel, les accumulateurs, étant chargés à potentiel constant (puisque la régulation maintient une tension constante), ne sont pas soumis aux surcharges, nuisibles à leur conservation, auxquelles ils sont exposés dans les systèmes où l'on maintient constante l'*intensité* du courant (à moins de dispositifs supplémentaires destinés à réduire ou couper le courant débité par la dynamo lorsque les accumulateurs sont saturés).

L'inversion du courant de la dynamo avec le sens de la marche est effectuée, dans le système Verity-Dalziel, de la même manière que dans la plupart des autres systèmes par entraînement mécanique de 180° des porte-balais.

La dynamo et les dynamos de régulation, nous l'avons vu, sont entièrement séparées. La dynamo, enfermée complètement dans une enveloppe en fonte (*fig.* 5), est suspendue sous le châssis avec un ressort de tension de la courroie. Les organes de régulation, comprenant les petites dynamos dont les rôles ont été expliqués plus haut, sont enfermés dans une sorte de boîte allongée de 60^{cm} de long et 20^{cm} de côté (représentée sur la figure 6). L'équipement est complété par une boîte à connexions, de $0^m,37$ sur $0^m,37$ et $0^m,15$ de profondeur, que l'on peut placer dans un endroit quelconque à l'intérieur de la voiture. Cette boîte, représentée en figure 7, renferme à droite le conjoncteur disjoncteur comportant à la manière ordinaire, en même temps qu'une bobine de déclenchement W en dérivation sur la dynamo principale, une bobine supplémentaire série X destinée à renforcer l'attraction magnétique du solénoïde et à empêcher de la sorte les déclenchements intempestifs que pourraient provoquer les trépidations de la marche. On voit sur la figure que la tige verticale du solénoïde se termine à la partie inférieure par une palette horizontale munie de deux contacts en charbons qui viennent s'appliquer sous deux contacts fixes semblables lorsque le noyau est attiré; lorsque le courant cesse dans le solénoïde, le noyau et la palette horizontale retombent par la gravité et rompent les contacts des blocs de charbon. A gauche en B se trouve le commutateur mettant la dynamo en connexion avec la batterie; il est construit de la même manière que le conjoncteur A, mais le solénoïde ne porte qu'une seule bobine à fil fin branchée aux bornes de la survoltrice dévoltrice (D_2 de la figure 3). L'attraction ascendante du noyau qui met, par le contact des blocs mobiles sous les blocs fixes, la

([1]) Voici à l'aide de quel dispositif : le moteur M possède, en outre de son enroulement shunt m_1, un enroulement série m_2 dont les ampères-tours s'ajoutent au démarrage à ceux de l'enroulement shunt m_1 lorsque le courant circule dans le circuit $D_3 d_2 m_2$ dans le sens du survoltage (avant le point X de la courbe 4), ce qui a pour effet de faire atteindre plus rapidement au moteur M sa vitesse de régime, et s'en retranchent ensuite lorsque le courant change de sens dans le circuit $D_3 d_2 m_2$. Ce courant de dévoltage allant en croissant un peu, on l'a vu plus haut, à mesure que la vitesse de marche augmente, l'action démagnétisante de l'enroulement série m_2 augmentera aussi et l'action magnétisante de l'enroulement shunt m_1 restera constante. La vitesse du moteur M ira légèrement en diminuant, parce que son circuit magnétique est peu saturé.

dynamo principale en connexion avec la batterie, se produit seulement lorsque la dynamo auxiliaire D_2 a acquis une certaine tension de *dévoltage*, laquelle, nous l'avons vu plus haut, va en croissant avec la vitesse du train, ce qui assure le contact avec une force croissante et dispense d'une bobine série. Lorsque

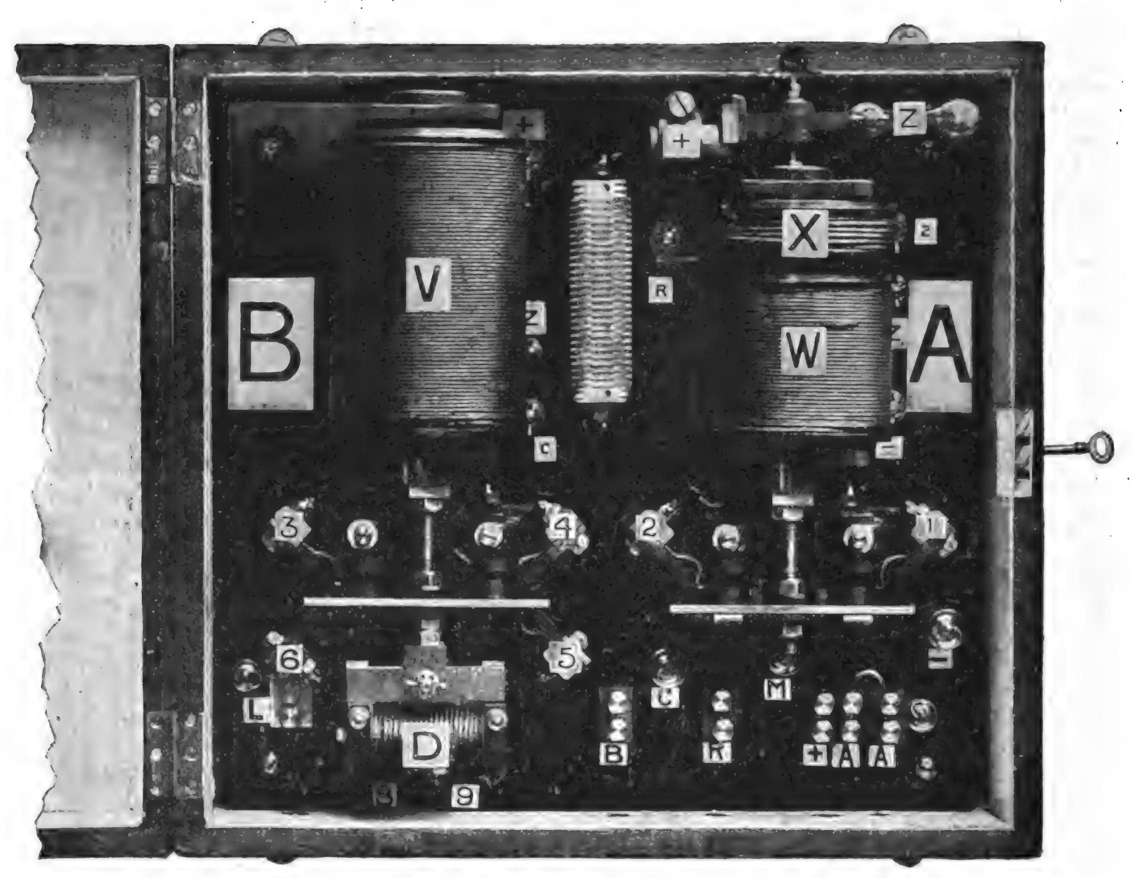


Fig. 7.

la dynamo auxiliaire fonctionne comme survoltrice, les contacts sont maintenus néanmoins écartés, c'est-à-dire la batterie déconnectée de la dynamo, parce que la palette inférieure du noyau du solénoïde est maintenue abaissée par l'attraction assez puissante d'un électro-aimant D intercalé en série dans le circuit de décharge de la batterie et qui cesse lorsque la batterie ne fournit plus de courant aux lampes avant de commencer à recevoir de la dynamo du courant de charge. On voit en R, entre les deux solénoïdes A et B, la résistance d'absorption placée devant les lampes (R de la figure 3), qui est constituée par un fil enroulé en hélice sur un tambour à gorges en porcelaine. La boîte est complétée par une série de bornes de connexions.

CH. JACQUIN.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : CARBONE. BP. 3245, 1906. — CLARK, CHAPMAN et C°. BP. 25413, 1906. — DAMOISEAU. BF. 378962, 18 juin 1907. — DAVY. BP. 14809, 1906. — FELSCH. USAP. 863568 (lampe à arc avec solénoïde régulateur). — GALLOIS. BP. 10040, 1907. — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 21874 et 23010, 1906. — JABURG. BP. 29394, 1906; USAP. 861856, 31 déc. 1906. — KIRBY. USAP. 860036 (lampe à arc avec réflecteur). — NEW CENTURY ARC LIGHT CY et BAGGETT. BP. 27640, 1906. — OLIVER. BP. 15310 et 15310 A, 1906. — *Electrodes :* SIEMENS (GEBRUDER) et C°. BF. 378848, 6 juin 1907; BP. 13071, 15338 et 13618, 1907 (électrodes pour projecteurs). — *Suspensions, régulateurs et accessoires :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. BP. 8948, 1907 (régulateur). — BIJUR. BP. 25289, 1907 (régulateur). — BREMACKER (DE). BP. 4578, 1907 (régulateur). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 18490, 20464, 21004, 23011 et 25753, 1906 (régulateurs). — GROASH. USAP. 853238 (suspension pour lampes électriques). — MAGUNNA. BP. 6699, 1907 (support de lampes). — SIEMENS BROS. BP. 7696, 1906 (réflecteurs).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

ÉLECTROMÉTALLURGIE DU ZINC.

RECHERCHES RÉCENTES.

Dans un précédent article ([1]), M. J. Escard a fait un résumé de l'état de cette question de l'électro-métallurgie du zinc et a décrit un certain nombre de procédés employés ou préconisés depuis un certain nombre d'années. Nous compléterons ce travail en résumant ici, d'après les brevets français, les recherches récentes relatives à l'extraction du zinc par des procédés électriques. Nous examinerons d'abord les procédés par voie humide dans lesquels le zinc est obtenu par électrolyse de ses solutions; puis nous passerons en revue les procédés par voie sèche qui emploient le four électrique.

Extraction du zinc par voie humide. — Un procédé bien connu d'extraction du zinc consiste à opérer un grillage sulfatisant ou oxydant des minerais et à obtenir par lixiviation une solution de sulfate de zinc que l'on soumet à l'électrolyse. Pendant cette dernière opération, il se présente un certain nombre de difficultés qu'on a cherché à vaincre. En premier lieu, le zinc tend à se déposer sous la forme spongieuse, ce qui empêche de l'utiliser immédiatement et le rend très oxydable. En outre, l'acide sulfurique formé tend à redissoudre ce zinc et cela d'autant plus vite qu'il est plus impur. Enfin l'électrolyse du sulfate de zinc est une opération assez coûteuse à cause de la tension élevée qui est nécessaire.

Dans le but d'obtenir un bon dépôt de zinc métallique, Paweck ([2]) additionne l'électrolyte (sulfate de zinc) d'acide borique ou de borates. Le procédé peut être employé en galvanotechnique (zingage du fer par exemple) ou pour le raffinage électrolytique du zinc.

Comme compositions de bains, on peut prendre par exemple par litre d'eau 80^g de sulfate de zinc et 100^g de borax ou 80^g de sulfate de zinc, 50^g d'acide borique et 38^g de sulfate de sodium. L'électrolyse peut se faire à l'aide d'une densité de courant assez élevée (1 à 3 ampères par décimètre carré).

Toujours dans le but d'éviter la formation de mousse de zinc lors de l'électrolyse d'une solution de sulfate de zinc, Siemens et Halske ([3]) préconisent d'employer une densité de courant 20 à 50 fois plus grande à l'anode qu'à la cathode. On obtient de bons résultats avec une densité de courant de 150 ampères par mètre carré à la cathode et de 3000 à 7500 ampères par mètre carré à l'anode. Le zinc électrolysé ainsi est cristallin, absolument dense, uni et exempt de mousse et de gemmes. Siemens et Halske attribuent ces résultats favorables, dus à l'augmentation de la densité de courant anodique, à la formation d'ozone et d'acide persulfurique qui exercent alors une action oxydante sur l'hydrogène cathodique, cause de la production de mousse. Grâce à ces grandes densités de courant il devient possible d'employer de petites anodes en platine et d'éviter que le dépôt de zinc ne se souille des impuretés de l'anode. Le zinc électrolytique restant pur résiste à la redissolution par l'acide sulfurique libre produit à l'anode.

La Société Siemens et Halske A. G. ([4]) effectue également l'électrolyse du sulfate de zinc sans diaphragme, en employant comme anode du peroxyde de plomb dense et massif, tel qu'il se dépose à l'anode dans des dissolutions de sels de plomb. Ce peroxyde de plomb est employé soit sous forme de morceaux compacts sans support métallique soit avec un support en matière inattaquable.

L'emploi de l'anode en peroxyde de plomb permettrait d'obtenir le zinc métallique sous forme compacte et de pousser la teneur en acide sulfurique au delà de 10 pour 100 sans crainte de redissolution du zinc. Ceci tient à ce que le zinc précipité ne se souille pas ici du métal de l'anode ainsi que cela a lieu lorsqu'on fait usage d'anodes en platine, en plomb doux ou antimonieux ou même de plaques positives d'accumulateurs qui donnent lieu à une dissolution de plomb sous forme de sulfate.

C.-J. Tossizza ([5]) extrait le zinc de ses minerais par électrolyse de ses sels (du sulfate de préférence) et abaisse la tension nécessaire en évitant la polarisation anodique. L'opération s'effectue dans des vases séparés en deux compartiments par une cloison poreuse. Dans le compartiment anodique, renfermant des anodes en charbon, la solution de sel de zinc est saturée d'acide sulfureux de façon à éviter la polarisation et à abaisser la tension nécessaire à l'électrolyse, l'acide sulfureux s'oxydant en acide

([1]) *La Revue électrique*, t. VIII, 30 juillet 1907, p. 48.
([2]) Brevet français 318163 du 28 janvier 1902.
([3]) Brevet français 345154 du 27 juillet 1904.

([4]) Brevet français 375140 du 28 février 1907.
([5]) Brevet français 370803 du 30 décembre 1905.

sulfurique. Dans le compartiment cathodique, on introduit, outre la solution de sel de zinc, un corps (chaux, carbonate de chaux ou mieux oxyde de zinc hydraté) capable d'absorber les traces d'acide sulfurique libre pouvant y exister. On évite ainsi la production d'hydrogène et par suite la formation de zinc spongieux, le zinc se déposant à l'état métallique.

La redissolution du zinc peut être due dans certains cas à des impuretés qui s'accumulent pendant l'opération de l'électrolyse. C'est le cas, par exemple, du manganèse. Le sulfate de manganèse subit en effet une oxydation à l'anode et le permanganate formé qui colore la solution en rouge diffuse à la cathode et y attaque le zinc déposé. Pour éviter cet inconvénient, LASZCZYNSKI (¹) fait usage, non pas de diaphragmes qui présentent des inconvénients, mais d'une enveloppe qui s'applique étroitement autour de l'anode insoluble et est faite d'un tissu ou d'une matière poreuse absolument perméable. Dès que le courant passe, l'acide sulfurique formé à l'anode chasse le liquide initial et l'anode ne reste plus en présence que de l'acide sulfurique; il n'y a plus ainsi oxydation du manganèse.

Dans les trois procédés suivants, on électrolyse une solution de sel de zinc autre que le sulfate.

L. BRUNET (²) fait subir aux minerais de zinc sulfurés un grillage volatilisant en présence de charbon. Le sulfate de zinc préalablement formé est réduit par le charbon en acide sulfureux et oxyde de zinc qui se volatilise. En présence d'eau, ces deux corps donnent une solution de sulfite de zinc que l'on électrolyse pour en retirer le zinc.

Le procédé qui consiste à lessiver les minerais de zinc grillés à l'aide du chlorure ferrique est déjà connu. H.-E. HOWARD et G. HADLEY (³) utilisent à cet effet l'acide épuisé provenant des établissements de galvanisation et qui renferme du chlorure ferreux et de l'acide chlorhydrique libre. Ce chlorure ferreux est transformé en chlorure ferrique dans des tours par le courant de chlore provenant des appareils à électrolyse. Le chlorure ferrique passe sur le minerai renfermant l'oxyde de zinc et le dissout. La solution électrolysée donne du zinc et du chlore que l'on utilise pour la transformation du chlorure ferreux en chlorure ferrique.

Dans le procédé K. KAISER (⁴), le zinc est obtenu par électrolyse d'une solution de chlorure de zinc préalablement débarrassée des métaux étrangers (fer, plomb, argent, etc.) par traitement avec des copeaux de zinc ou d'oxyde de zinc mélangés à du chlorure de chaux.

(¹) Brevet français 326542 du 20 novembre 1902.
(²) Brevet français 360517 du 28 février 1905.
(³) Brevet français 332443 du 28 mai 1903.
(⁴) Brevet français 333773 du 11 juillet 1903.

La caractéristique du procédé est la lixiviation des minerais. Ceux-ci, après grillage et broyage, sont mélangés avec une quantité suffisante de chlorure de zinc pour qu'ils s'agglomèrent en formant de l'oxychlorure de zinc. Après quelques heures, quand la masse est séchée, on la broie et on la traite par l'acide chlorhydrique, de préférence en chauffant. On arrive à dissoudre ainsi en très peu de temps tout le zinc et seulement très peu de fer. C'est grâce à la formation de l'oxychlorure de zinc que l'on rend si parfaite l'attaque par l'acide chlorhydrique.

M. A. EYBERT (¹) se sert du courant électrique, non pour déposer le zinc métallique sur les cathodes, mais pour attaquer les minerais et obtenir de l'oxyde de zinc. A cet effet, il fait une pâte des minerais oxydés avec une solution de sulfate de soude et il introduit celle-ci dans des bacs à parois perforées. Ces bacs sont disposés dans une cuve et sont séparés par les électrodes alternativement positives et négatives. En faisant passer le courant (²), on produit du sulfate de zinc dans les compartiments anodiques et du zincate de soude dans les compartiments cathodiques. Les deux solutions sont recueillies séparément, épurées s'il y a lieu, puis mélangées. On obtient ainsi l'hydrate d'oxyde de zinc, tandis que le sulfate de soude est régénéré.

Extraction du zinc par voie sèche. — Dans les procédés suivants, les minerais de zinc grillés sont réduits à l'aide de charbon et l'on recueille le zinc qui distille, tout comme dans les procédés métallurgiques ordinaires. La seule différence est qu'on fait usage d'un four électrique pour réaliser le chauffage.

Dans cette opération, on éprouve quelques difficultés dues à ce que le zinc condensé n'affecte pas en général la forme métallique, mais se condense sous forme de poussière de zinc mélangée à de l'oxyde. Ce fait est dû à ce que les vapeurs de zinc produites sont diluées dans de grandes quantités d'oxyde de carbone (plus grandes encore avec les fours électriques qu'avec les fours à moufle ordinaires) et aussi quelquefois dans une certaine quantité d'air et d'humidité entrant avec les minerais.

En outre, il faut éviter les rentrées d'air qui provoquent des explosions.

Nous verrons par la suite quelques dispositifs employés pour combattre ces difficultés.

Pour extraire le zinc de ses minerais, la Société TROLLHÆTTANS ELEKTRISKA KRAFTAKTIEBOLAG (³) fait usage d'un four électrique représenté en coupes lon-

(¹) Brevet français 348294 du 4 février 1904.
(²) La dépense d'énergie électrique est élevée puisqu'il faut une tension de 6 à 10 volts.
(³) Brevet français 325895 du 21 octobre 1902.

gitudinale et transversale par les figures 1 et 2. Le minerai de zinc, concassé et finement pulvérisé, est mélangé en proportion convenable avec du carbone finement pulvérisé, de la chaux et, si le minerai n'est pas grillé, avec du minerai de fer. Le mélange très intime est introduit d'une façon continue en 3. Sous l'action de la chaleur de l'arc électrique éclatant entre les charbons 2, le zinc se volatilise ainsi d'ailleurs que les métaux tels que plomb, or, argent qui peuvent l'accompagner. Ces vapeurs métalliques se dégagent en 8 ainsi que les gaz (oxyde de carbone) et sont condensées d'une façon appropriée. Les scories en fusion s'écoulent par le déversoir 5 dans le bassin 6 d'où elles sont évacuées par l'orifice 7.

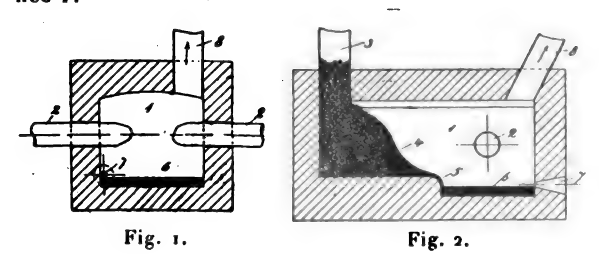


Fig. 1. Fig. 2.

Alphonse Salguès [1] extrait également le zinc de ses minerais à l'aide d'un four électrique de construction un peu spéciale. Pour éviter les fuites possibles de vapeurs métalliques, les parois extérieures sont refroidies de telle sorte que, s'il se produit des fissures, celles-ci sont aussitôt bouchées par le métal qui s'y condense. Le four comporte deux électrodes mobiles verticales et une électrode fixe horizontale qui sont disposées en série. L'étanchéité au passage des électrodes mobiles est assurée par des lames de carton d'amiante. Dès leur sortie du four, les vapeurs métalliques sont brusquement condensées à l'état de brouillard solide par les gaz résiduels froids qui sont puisés en queue du dispositif de condensation et insufflés au moyen d'un ventilateur dans la chambre de dégagement des vapeurs métalliques. Afin d'éviter les retours d'air qui pourraient donner lieu à des explosions, on place à l'extrémité des colonnes de condensation des manches en étoffe perméable et flexible. Lors d'une absorption, ce sont les gaz résiduels retenus dans ces manches qui retournent dans l'appareil et non l'air. Le zinc à l'état pulvérulent est retiré du condenseur qui possède à cet effet des extracteurs placés à chaque point bas de celui-ci.

La méthode employée par A. Rodriguez Bruna [2] repose, d'une part, sur la propriété qu'ont l'oxyde, le carbonate et le sulfure de zinc de se réduire quand ils sont chauffés mélangés avec du charbon et, d'autre part, sur la faible tension qu'ont les vapeurs de zinc à la température de la réduction. Il en résulte qu'en élevant la pression du mélange, on obtient du zinc fondu au lieu de zinc vaporisé.

On mélange donc les minerais avec du charbon et l'on chauffe sous une certaine pression dans un four électrique. On supprime ainsi le grillage de la blende et, dans ce cas, il se dégage du four du sulfure de carbone que l'on peut employer comme combustible. En le faisant brûler exactement avec la quantité d'air nécessaire, on obtient un mélange d'anhydrides sulfureux et carbonique et d'azote qui se prête très bien à la fabrication de l'anhydride sulfureux liquide, de l'acide sulfurique ou du soufre.

Le four électrique A. Edelmann et N. Wallin [1] a été établi principalement en vue d'obtenir une

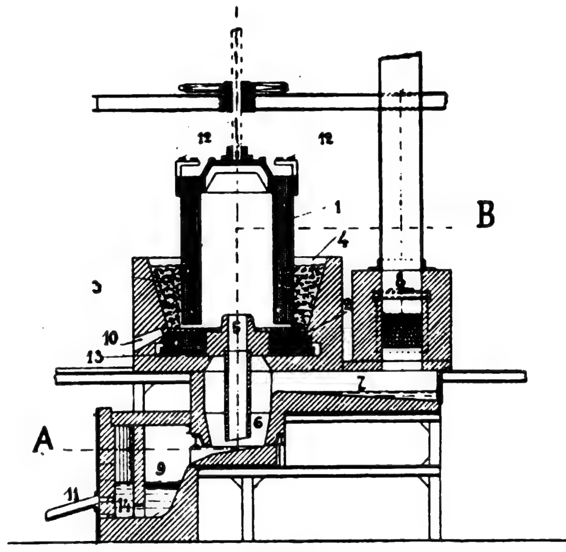




Fig. 3.

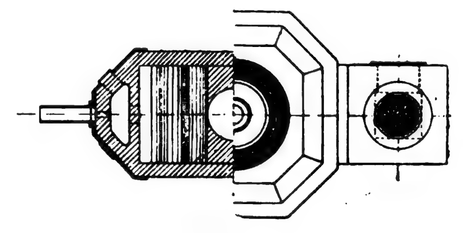


Fig. 4.

bonne condensation du zinc et d'éviter les explosions dues à un retour d'air. Ce four électrique est représenté par les figures 3 et 4. Ce four se compose

(1) Brevet français 330665 du 28 mars 1903.
(2) Brevet français 343114 du 20 avril 1904.

(1) Brevet français 344832 du 16 juillet 1904.

d'une électrode fermée 1 en forme de cloche, entourée de la cuve d'alimentation 4 et d'une électrode annulaire inférieure 2. Le tuyau de sortie et de condensation 5 pénètre dans l'électrode-cloche, tandis que son autre extrémité est entourée d'une chambre de condensation 6 communiquant, d'une part, avec l'allonge 7 fermée par une couche de coke 8 et, d'autre part, avec le collecteur à zinc hermétiquement fermé 9. Le courant électrique arrive aux électrodes par les contacts 12 et 13. Les trous de coulée 10 et 11 servent à évacuer respectivement le laitier et le zinc.

On commence par charger la cuve 4 de la matière 3 préparée pour la fusion. Cette matière est peu à peu décomposée dans la zone de fusion entre les deux électrodes 1 et 2. La matière chargée dans la cuve à une certaine hauteur empêche les vapeurs de zinc et les gaz formés de s'échapper au dehors et les oblige à passer dans l'intérieur de l'électrode-cloche. Ces gaz et vapeurs de zinc cèdent leur excès de chaleur à la matière 3 qui est ainsi débarrassée de l'air et de l'humidité; ils sont ensuite chassés par le tuyau 5 dans la chambre 6. Grâce à la pression, réglée par la hauteur de la couche 3 et celle du coke 8, grâce au refroidissement et au frottement des vapeurs de zinc contre les parois du tuyau de condensation, le zinc se condense en gouttelettes liquides qui sont entraînées par le courant de gaz et s'en séparent quand le courant de gaz est brisé à son entrée dans la chambre de condensation. Les vapeurs non condensées dans ce parcours deviennent liquides, soit dans la chambre de condensation, soit dans l'allonge, et les dernières traces de vapeurs de zinc sont enfin absorbées par la couche de coke 8. Le zinc liquide déposé dans la chambre de condensation passe dans le collecteur à zinc 9 muni du compartiment de coulée 14. Le bain de zinc forme ainsi une fermeture hermétique et s'oppose à toute rentrée d'air dans le four.

K. Kaiser [1] extrait le zinc de ses minerais, au four électrique, non à l'état de vapeurs métalliques, mais à l'état de vapeurs d'oxyde de zinc que l'on obtient en chauffant, sans réducteur, n'importe quel minerai de zinc. Dans tous les cas, tout le zinc s'échappe à l'état de vapeurs d'oxyde que l'on condense. Pour transformer cet oxyde en zinc métallique, on emploie, soit la voie métallurgique, soit l'électrolyse.

En réglant convenablement la tension du four électrique, on peut fractionner la vaporisation des différents métaux. Lorsqu'il s'agit, par exemple, d'extraire le zinc seul des déchets zincofères de la calcination de pyrites, il convient de ne pas dépasser 60 volts. A 80 volts, il passe déjà, en effet, du fer avec le zinc.

([1]) Brevet français 349226 du 20 décembre 1904.

Dans les deux procédés suivants on traite la blende directement au four électrique et l'on déplace le zinc par le fer métallique.

E.-F. Côte et P.-R. Pierron [1] réalisent cette opération à l'aide du four électrique représenté par

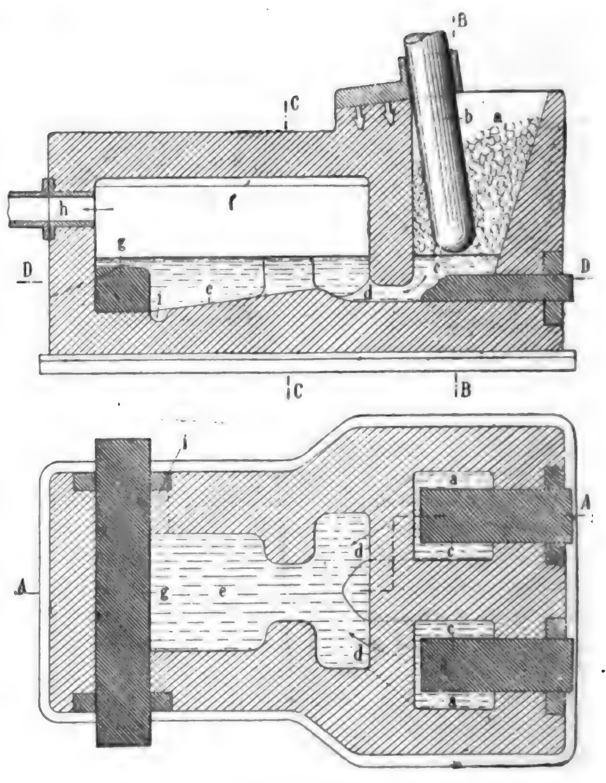


Fig. 5 et 6.

les figures 5 et 6. La première est une coupe verticale longitudinale suivant AA de la figure 6. La seconde est une coupe horizontale suivant DD de la figure 5.

Le four comporte deux creusets distincts *a*, *a* destinés à recevoir l'un la blende et l'autre le fer. Dans chacun de ces creusets jaillit un arc entre les électrodes *b* et *c*. Lorsque la blende et le fer sont fondus, ils s'écoulent par les couloirs *d*, *d* et se mélangent sur la sole *e* de la chambre *f* où ils réagissent. Pendant la réaction, le mélange est maintenu à l'état fluide par le passage du courant entre les électrodes *b* et *g*.

Les vapeurs de zinc s'échappent par l'orifice *h* et la coulée du sulfure de fer se fait par le trou *i*. Pour amorcer le four, on répand sur la sole *e*, entre les électrodes *c* et *g*, du coke pulvérisé; on place

([1]) Brevet français 340632 du 22 février 1904.



les matières premières dans leurs creusets respectifs et l'on fait jaillir les arcs entre les électrodes *b* et *c*.

Lorsqu'une quantité suffisante de matière fondue est parvenue dans les couloirs *d*, on ne fait plus passer le courant qu'entre les électrodes *b* et *g*; le coke est porté à l'incandescence et échauffe la sole sur laquelle les matières en fusion peuvent alors couler.

Dans le procédé de la Société Rheinisch-Nassauische Bergwerks und Hutten A.-G. [1] le sulfure de zinc, pulvérisé et non grillé préalablement, est introduit, avec du fer réduit pulvérisé, dans un four électrique à marche continue dans lequel la charge elle-même sert de résistance de chauffage. Il se produit la réaction $ZnS + Fe = FeS + Zn$ à l'abri de l'air et à une température de 1000° C. à 1500° C. Le zinc distille et est recueilli comme ordinairement. Le laitier composé de la gangue et des impuretés est enlevé. Quant au sulfure de fer produit, on le grille d'abord (ce qui se fait beaucoup plus aisément que le grillage de la blende), afin de recueillir le soufre sous forme d'acides sulfureux ou sulfurique; puis on chauffe l'oxyde de fer obtenu au rouge et en présence de charbon ou de gaz réducteurs, de façon à le ramener à l'état de fer spongieux qui sert à une nouvelle opération.

Dans le but d'obtenir à la fois le fer et le zinc, K. Kaiser [1] traite au four électrique les minerais de fer renfermant du zinc ou encore les pyrites grillées renfermant du zinc. Le procédé employé ici consiste à fondre au four électrique ces minerais, éventuellement avec des fondants mais sans addition de substances réductrices. Dans la masse fondue, on insuffle des gaz réducteurs tels que le gaz à l'air ou le gaz de gazogène. Le zinc s'échappant sous forme métallique peut être séparé du fer, également à l'état métallique et qui reste dans le four.

Le four électrique F.-T. Snyder [2] est principalement destiné à traiter des minerais qui renferment à la fois du zinc et du plomb, sous forme de sulfures par exemple. C'est un four à résistance; il est représenté par les figures 7 et 8 qui sont respectivement

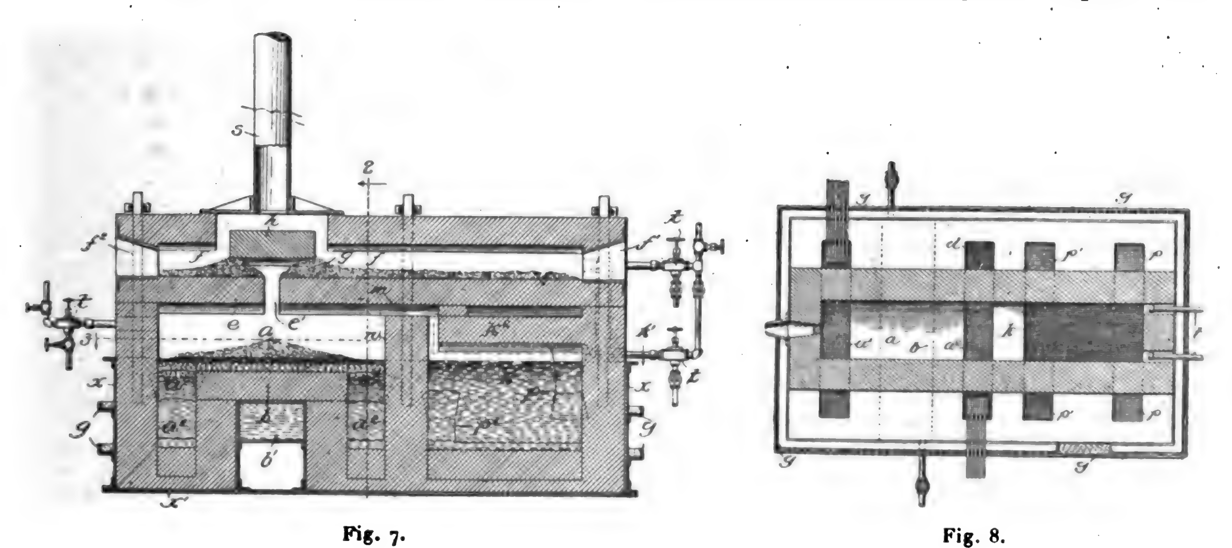


Fig. 7. Fig. 8.

une coupe en élévation et une coupe en plan (suivant la ligne 3-3 de la figure 7). La cloison *e* forme une chambre de chauffage préalable *f*. La partie inférieure du four comprend la chambre de fusion *a* et la chambre de condensation et d'affinage *k*, séparées par la cloison transversale *n*. La cloison *e* est munie de l'ouverture *e'* pour le passage des matières. Un couvercle *h*, supporté à une certaine distance au-dessus de cette ouverture, recouvre celle-ci de telle façon que les matières contenues dans la chambre de chauffe, lorsqu'elles sont poussées vers l'ouverture *e'*, arrivent jusqu'au couvercle et forment bouchon pour empêcher les gaz de s'échapper de la chambre de fusion par cette ouverture. La chambre de fusion communique par le passage *m* avec la chambre de condensation. Des carneaux *k'*, *k'* remontent de celle-ci à la chambre de chauffage, de façon que les produits gazeux puissent être consumés dans cette chambre. Les gaz brûlés s'échappent enfin par la cheminée *s*. Dans la chambre de condensation, un double ciel k^2 a pour but d'établir un contact intime entre les vapeurs et le métal liquide contenu dans *k*. Cette chambre *k'* commu-

(1) Brevet français 370503 du 15 octobre 1906.

(1) Brevet français 367969 du 11 juillet 1906.

(2) Brevet français 369756 du 14 septembre 1906.

nique avec des fosses à l'extérieur du fourneau au moyen de passages p, p'. Le passage p' placé à la partie inférieure permet de recueillir la petite quantité de plomb qui a pu passer à l'état de vapeurs. La chambre de fusion est pourvue d'un pont b la divisant en deux réceptacles de métal a^1, a^2. La couche de scorie qui s'étale sur le pont b relie ces deux réceptacles. Chacun de ceux-ci communique avec une fosse à l'extérieur du four et des conducteurs plongent dans le métal fondu de ces fosses, ainsi qu'il est représenté par la figure 8. Le chauffage est produit par le courant électrique passant d'une des électrodes fondues à l'autre au travers de la scorie. Le pont b est refroidi par circulation d'eau b'. L'enveloppe métallique xx' du four porte des auges y, y pour la circulation de l'eau de réfrigération.

La charge du four se compose du minerai de plomb et zinc grillé, d'un excès de charbon et de matières qui formeront une scorie à une température comprise entre la volatilisation du zinc et celle du plomb, soit entre 1000° C. et 1200° C., cette scorie devant être en outre saturée d'un oxyde alcalin, tel que la chaux, de façon à dissoudre aussi peu que possible de métal, à avoir un poids spécifique élevé et une grande résistivité électrique. Une bonne composition pour cette scorie est la suivante : 30 pour 100 de chaux, 30 pour 100 d'oxyde de fer et 40 pour 100 de silice.

Cette charge est chauffée en f de façon à expulser les gaz et à commencer la réduction. Elle passe ensuite sur le bain fondu de la chambre de fusion. Lors de la mise en route du four, on chauffe à l'aide de brûleurs à huile t, t. Quand le plomb métallique et la scorie sont fondus, on fait passer le courant électrique qui continue le chauffage. Dans la chambre de fusion, la charge est réduite pendant qu'elle flotte sur la couche de charbon soutenue par le bain de scorie. Le zinc métallique est volatilisé pendant que le plomb liquide, insoluble dans la scorie, descend au travers et se dépose dans les réceptacles d'où on le recueille. Les vapeurs de zinc arrivant dans la chambre k sont condensées. La condensation se fait à l'état de liquide et non de poussière, parce que le volume des gaz diluant la vapeur de zinc est réduit au minimum, grâce au choix des fondants et au chauffage préalable. Si de petites quantités de plomb sont entraînées, elles descendent au fond et sont retirées en p' pendant que le zinc, plus léger, est retiré par le passage p. Les gaz non condensés se dirigent par les canaux k' dans la chambre de chauffe préalable où ils sont mélangés à l'air et consumés. S'il reste de la vapeur de zinc, elle passe à l'état d'oxyde et se dépose dans la charge, de sorte qu'il n'y a pas de perte.

L. JUMAU.

DÉPOTS GALVANIQUES.

Bains pour l'électrodéposition de l'alliage cuivre-zinc, par C. PROCTOR (*Iron Age*, 6 juin 1907). — Dans une Communication faite à l'American Foundrymen's Association, l'auteur indique quelques précautions à prendre pour l'obtention d'un dépôt de belle couleur jaune.

Ce dépôt s'exécute ordinairement dans un bain formé d'un mélange de carbonate de cuivre et de carbonate de zinc dissous dans du cyanure de potassium avec addition de carbonate de sodium, de bisulfite de sodium et d'ammoniaque. Le dépôt de l'alliage $Zn\text{-}Cu^2$, qui donne une belle couleur jaune, demande l'emploi dans le bain de 3^{at} de cuivre pour 1^{at} de zinc, et non de 2^{at} pour 1^{at}. Au-dessous de 2^{at} pour 1^{at}, la couleur jaune prédomine encore, mais elle est plus difficile à obtenir avec régularité; et, quand cette couleur tourne au jaune rougeâtre, au lieu d'ajouter du zinc comme on le fait le plus souvent, il faut ajouter du cuivre.

L'auteur donne aussi une nouvelle formule de bain en usage depuis 1 à 2 ans, et renfermant, au lieu de carbonate, du sulfite de cuivre.

BREVETS RÉCENTS.

Métalloïdes et Métaux : BONNET. BF. 375669, 19 mai 1907 (obtention du carbone amorphe). — COWPER-COLES. BP. 13972, 21349 et 28897, 1907 (dépôt électrolytique du cuivre; fabrication de fils de cuivre, dépôt du fer par l'électricité). — DORN. USAP. 855449 (procédé pour améliorer le vin et les eaux-de-vie et pour stériliser les liquides). — FARBWERKE VORM. MEISTER LUCIUS et BRUNING. BF. 377160, 25 avril 1907 (procédé pour extraire l'eau des matières minérales). — GIN. BP. 10396, 1906 (fabrication de l'acier au four électrique). — HELLER et BAUMGARTL. USAP. 850753, 5 août 1905 (dépôt d'une couche métallique sur des corps non vitreux). — JUMAU. BP. 414, 1907 (production de cuivre pur). — KÜGELGEN. USAP. 856475, 30 mars 1905 (production de composés de calcium). — NEUBURGER. USAP. 850392, 24 déc. 1904 (procédé pour oxyder l'azote de l'air). — PETERSSON. USAP. 858621, 858622 et 858623, 30 oct. 1906 (préparation du carbure de calcium au four en partant du carbone et de la chaux). — POTTER. USAP. 854965, 20 janv. 1905 (ozoniseur). — PRICE. USAP. 855447 et 855478 (préparation du carbure de calcium et fusion des minerais réfractaires pour préparer des alliages de fer). — ROLLET. BP. 16159, 1906 (zinc). — THIROT et MAGE. BP. 28342, 1906 (production électrolytique d'étain pur).

Divers : BECKET. USAP. 854018, 23 sept. 1905 (réduction des oxydes métalliques). — BETTS USAP. 850127, 11 mai 1904 (électrolyseur). — CARRIER. USAP. 859431, 9 juin 1906 (appareil pour la préparation électrolytique de composés chimiques). — DEKKER. BP. 5887, 1907 (traitement des minerais par électrolyse). — EDISON. USAP. 850912, 5 oct. 1903 (électro-déposition).

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Traité pratique d'électricité industrielle, par CADIAT et DUBOST, 7ᵉ édition, revue et mise à jour, par H. Boy de la Tour. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, de 666 pages. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris (VIᵉ). Prix relié : $16^{fr},50$.

Un Ouvrage qui en est arrivé à sa septième édition peut se passer de recommandation; les personnes qui veulent comprendre ce qu'elles voient tous les jours, sans approfondir les sujets comme les professionnels, trouveront dans ce Livre les notions indispensables sur toutes les applications modernes de l'Électricité industrielle. C'est un véritable Ouvrage de vulgarisation, malgré son caractère un peu ardu qui ne peut éloigner que ceux qui craignent de faire un petit effort pour comprendre; l'expérience a malheureusement appris qu'il était impossible de comprendre l'Électricité sans effort, quel que soit le talent de celui qui l'expose.

Dire ce que contient ce gros volume serait faire le tableau des applications industrielles de l'Électricité : mesures électriques, piles, dynamos, accumulateurs, éclairage électrique, transmission de l'énergie, galvanoplastie et téléphonie, tels sont les titres des principales divisions. Ajoutons que de nombreux exemples, pris sur des appareils réalisés, fixent les idées du lecteur et que, dans un aucun cas, les notions mathématiques exigées ne dépassent l'Algèbre élémentaire.

Le Pérou d'aujourd'hui et le Pérou de demain, par Éм. GUARINI, professeur à l'École d'Arts et Métiers de Lima. Une brochure de 16 pages. H. Dunot et E. Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : 1^{fr}.

L'auteur énumère dans cette brochure les ressources du Pérou et indique le grand parti que l'industrie pourrait en tirer en y développant les voies de communication. Il préconise, pour les mettre en valeur, l'établissement d'usines centrales électriques permettant d'utiliser au loin les forces hydrauliques considérables que possède le Pérou.

Das Problem der Schwingungserzeugung mit besonderer Berücksichtigung schneller elektrischer Schwingungen (Le problème de la production d'oscillations et particulièrement d'oscillations électriques à haute fréquence), par le Dʳ H. BARKHAUSEN, assistant à l'Institut d'Électricité appliquée de Göttingue. 1 vol. $23^{cm} \times 16^{cm}$ de 113 pages avec 47 figures dans le texte. Imprimerie S. Hirzel, Leipzig. Prix broché : 4 mark.

Le problème de la production d'ondes électriques permanentes ou non amorties est intimement lié au développement de la télégraphie et de la téléphonie sans fil. Nous avons entretenu nos lecteurs, en particulier, de la découverte de Poulsen; mais il existe des travaux d'une très haute conception scientifique bien antérieurs à la découverte de Poulsen et qui ont nettement défini les conditions dans lesquelles il faut se placer pour produire des oscillations. L'Université de Göttingue a largement préparé la voie aux praticiens, grâce à l'activité de deux de ses plus éminents professeurs, H.-Th. Simon et Reich, que l'auteur a assistés dans toutes leurs recherches. Son Ouvrage comprend deux parties : I. Oscillations électriques; II. Oscillations mécaniques. Cette deuxième Partie est l'exposition d'exemples simples empruntés à la Mécanique, à cause de leur analogie avec les oscillations électriques et pour faire mieux saisir ces dernières.

La première Partie débute par la discussion de la question suivante : Sous quelles conditions un circuit électrique peut-il devenir le siège d'un courant alternatif? Il faut que l'un des termes résistance ohmique, self-induction, capacité du système, éprouve une variation. (L'ensemble de ces trois grandeurs W, L et C constitue ce que l'auteur appelle une *résistance alternative*.) — Ces variations peuvent résulter : 1° d'actions extérieures, de nature mécanique; par exemple, avec le microphone ou un interrupteur, on agit sur W; avec une dynamo, on agit sur la self-induction, et avec les machines à influence on fait entrer en jeu la capacité; 2° du courant lui-même qui traverse le circuit; c'est le cas de l'arc chantant. Dans cette Partie, l'auteur présente et discute les travaux de Simon sur les caractéristiques en général et sur les conditions expérimentales auxquelles doit satisfaire le dispositif de Duddell pour entretenir des oscillations de haute fréquence dans le circuit en dérivation.

Tel est, dans ses grandes lignes, le sujet traité par l'auteur; il ne faut pas se dissimuler que, malgré tout le soin qu'il a mis à l'exposer sous une forme aussi claire et aussi logique que possible, la lecture de son livre demande une attention très soutenue à cause des vues théoriques de haute envergure qui y sont discutées.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

INFORMATIONS DIVERSES.

Traction : Électrification des tramways de Saint-Pétersbourg. — Suivant l'*Elektrotechnische Zeitschrift,* le réseau des tramways de Saint-Pétersbourg, d'un développement de 210^{km}, doit être équipé électriquement en son entier dans un délai de 6 ans. Actuellement 45^{km} sont en cours de transformation; ils seront alimentés par une usine contenant 3 turbo-générateurs Westinghouse-Parsons de 2200 kilowats donnant du courant alternatif à 6600 volts de 25 p.: s. et cinq sous-stations renfermant des convertisseurs tournants de 150 à 500 kilowatts de puissance fournissant du courant continu sous 600 volts; ils seront desservis par 190 automotrices à deux moteurs de 35-40 chevaux et par des voitures d'attelage constituées par les anciens véhicules à chevaux.

Téléphonie sans fil : Essais du système De Forest. — La Radio Telephone C^{o}, qui exploite les brevets De Forest, a fait des essais aux Etats-Unis du 15 au 20 juillet dernier à l'occasion des régates de la Interlake Association sur le lac Erié. Le poste transmetteur était installé à bord d'un yacht; il comprenait une génératrice de 1 kilowat à 220 volts, une bobine, un oscillateur, une antenne à fils multiples en forme d'éventail et le dispositif téléphonique De Forest. Ce dernier consiste à mettre en dérivation sur l'oscillateur un condendensateur et une bobine primaire à nombre de spires variable; à l'intérieur de celle-ci est une bobine secondaire reliée d'une part à l'antenne et d'autre part à un transmetteur microphonique relié lui-même à la terre, ou plutôt, dans le cas actuel, à l'arbre de l'hélice du yacht. Le poste récepteur était installé sur la rive du lac.

Électrothermique : L'invention du four électrique. — Il est généralement admis que le four électrique est dû à Moissan. Dans son numéro du 10 septembre, notre confrère *L'Industrie électrique* reproduit un brevet belge de 1881 d'après lequel l'invention du four électrique est en réalité due à M. L. Clerc.

« C'est, dit notre confrère, en 1881 que M. Louis Clerc, aujourd'hui chef de l'exploitation du secteur Edison, poursuivant ses études sur la lampe soleil dont il était l'inventeur, imagina le four électrique sous la forme même où Moissan l'employa quelques années plus tard. Le brevet belge du 9 juillet 1881, pris au nom de la Compagnie belge de Lumière Électrique, à laquelle appartenait alors M. Clerc, montre la similitude des deux appareils. Cette similitude n'implique d'ailleurs nullement que Moissan ait eu connaissance alors de cette antériorité; en 1896, faisant des expériences avec le four électrique à l'usine Trudaine, Moissan reconnut devant M. Clerc l'antériorité évidente du brevet de 1881, *la seule qu'il acceptât.*

» Le four électrique venait trop tôt en 1881 ; les ressources de l'industrie étaient insuffisantes pour l'exploitation utile de ses remarquables propriétés; cependant, avec le faible courant dont il disposait, 15 ampères sous 160 volts, M. Clerc put obtenir la transformation du charbon en graphite et il reconnut que rien ne pouvait résister à la chaleur de l'arc, et la conséquence fut l'abandon de la lampe soleil, faute d'une matière réfractaire suffisante. »

Électrométallurgie : L'électrosidérurgie au Brésil. — Un député brésilien, M. Calogeras, vient de publier un Ouvrage sur ce sujet, Ouvrage que M. Levasseur, du Collège de France, a présenté récemment à l'Académie des Sciences morales et politiques. L'auteur y préconise l'utilisation des minerais du Brésil et leur traitement par le four électrique. Le gouvernement paraît d'ailleurs décidé à seconder dans ce but l'initiative privée, car, d'après le *Journal de l'Electrolyse* du mois d'août, un projet de loi a été déposé à la Chambre des députés en vue de garantir un revenu de 5 pour 100 jusqu'à concurrence de 7500000^{fr} aux cinq premières usines se servant de minerais indigènes.

Empoisonnement par le ferro-silicium. — Il a quelques mois trois passagers, parmi lesquels se trouvait un terroriste russe, furent asphyxiés à bord d'un navire suédois. On pensa d'abord à un empoisonnement volontaire motivé par des causes politiques, mais deux commissions d'enquête nommées l'une par le gouvernement suédois, l'autre par le gouvernement belge (car le navire se rendait à Anvers où furent examinés les cadavres) viennent de conclure à une mort accidentelle provoquée par les émanations toxiques provenant d'un chargement de ferro-silicium à 50 pour 100. Ce chargement était placé dans des tonnelets qui se trouvaient situés dans des cales humides sous les cabines des victimes; les gaz toxiques se sont formés sous l'influence de l'humidité et ont gagné les cabines par les fissures du plancher.

Exportation des ferro-alliages. — Les exportations des ferro-alliages divers, après avoir triplé de 1905 à 1906, se sont maintenues pendant le premier semestre 1907; les exportations pendant ce semestre s'élèvent en effet à 3480^{t}, contre 3549^{t} pendant la même période de 1906. Le mouvement ascensionnel n'est cependant pas arrêté, car la demande est plus forte que jamais, mais les usines n'ont que très peu produit pendant le rigoureux hiver de cette année.

Tome VIII. **N° 92. — 30 octobre 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS.

Dynamos pour commande par turbines à vapeur, par F. NIETHAMMER (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 28 juillet 1907, p. 586 à 590). — Générateurs a courants alternatifs. — Les alternateurs mono- et polyphasés sont à l'heure actuelle presque exclusivement exécutés d'après le type à pôles mobiles avec enroulements à haute tension fixes; cependant on a exécuté quelques machines pour tensions relativement basses (1000 à 2000 volts) et pour de petites puissances d'après le type à induit mobile à l'intérieur d'un système inducteur bipolaire, car ce type est plus facile à ventiler et, pour une chute de tension faible, donne un rendement plus élevé que le type à inducteurs mobiles; il a cependant le défaut de nécessiter des contacts mobiles sur le circuit à haute tension et ces contacts ont donné quelques ennuis.

Les ateliers d'Œrlikon exécutent deux alternateurs de 1100 kilowatts à 1380 tours, sous forme de moteurs asynchrones avec rotor en court-circuit, tournant un peu plus vite que le synchronisme et qui peuvent être couplés sans précaution spéciale mais qui nécessitent un courant déwatté devant être fourni par les alternateurs synchrones avec lesquels ils sont couplés.

Les machines à inducteurs tournants peuvent être construites avec des pôles rayonnants munis chacun d'une bobine d'excitation ou avoir la forme d'un cylindre uni avec enroulement d'excitation uniformément réparti comme un enroulement de machine à courant continu (Siemens-Schuckert) ou bien le cuivre d'excitation peut couvrir seulement les deux tiers de l'arc, de sorte que la pièce polaire reste libre (Brown-Boveri, A. E. G., Œrlikon). L'enroulement uniformément réparti n'est pas recommandable, car il cause une plus grande dépense d'excitation pour un même poids de cuivre et donne une courbe de champ défavorable, ayant une forme triangulaire.

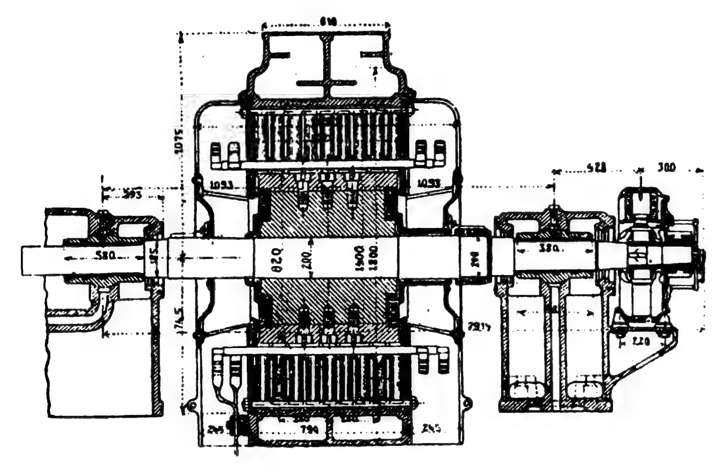
La figure 1 montre un alternateur de 1200 kilowatts, 550 volts, 50 périodes, de la maison Ganz à Budapest; la fixation robuste des pièces polaires et des bobines d'excitation est visible. Afin d'obtenir un fonctionnement sans bruit, des plateaux de fermeture convenablement disposés forcent l'air à passer près de l'arbre.

Les rotors cylindriques de la maison Brown-Boveri et Cie sont construits en fortes tôles découpées, de 20^{mm} d'épaisseur environ; plusieurs centaines de machines sont munies de ces rotors qui ont donné toute satisfaction. Les bobines d'excitation sont enroulées sur gabarits et maintenues dans les encoches par des cales métalliques de 5^{mm} à 15^{mm} d'épaisseur. La Société A. E. G. rapporte les dents de ses rotors et les fixe au moyen de rainures

en forme de queue d'aronde; ce procédé n'augmente pas la sécurité ni la facilité de réparation, mais augmente considérablement le prix de fabrication.

Il y a lieu d'apporter un grand soin à la fixation des extrémités de l'enroulement d'excitation, elle sont en général maintenues par des cerclages en fil en nombre considérable ou mieux par des enveloppes de protection en acier ou en bronze.

La force centrifuge agissant sur les extrémités des enroulements d'excitation est considérable; aussi, sous son action, les enroulements « travaillent » et se déplacent, ce qui détruit l'équilibrage et amène des trépidations souvent considérables qui obligent à arrêter le groupe, car il est arrivé que les efforts supplémentaires créés ainsi mettaient en danger les boulons de fixation des supports d'enroulements ainsi que ceux des venti-



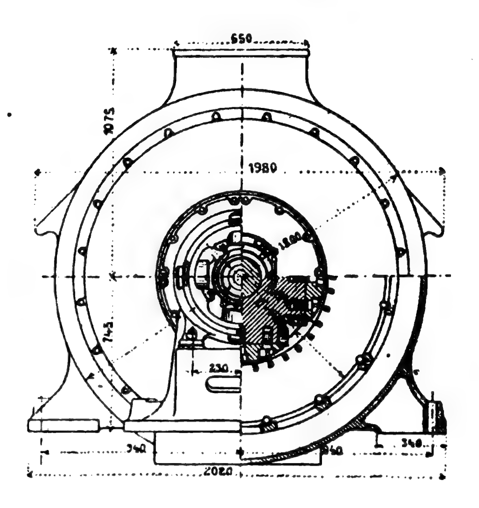


Fig. 1.

lateurs qui sont généralement fixés sur ces pièces; il est bon de noter que ces boulons ne sont soumis à aucun effort quand tout le rotor est convenablement équilibré.

Afin de ne pas rendre le problème de l'équilibrage trop délicat, on ne dépasse pas des vitesses de 60^{m} à 70^{m} par seconde à la périphérie, ce qui correspond à une vitesse angulaire de 3000 tours par minute pour 500 kilowatts et 1500 tours par minute pour 2000 kilowatts environ.

Les anneaux collecteurs servant à amener le courant aux enroulements d'excitation sont généralement en bronze ou en acier et fixés sur l'arbre avec interposition d'un anneau de mica.

Les excitatrices sont généralement accouplées directement et munies de pôles auxiliaires ainsi que d'une excitation compound.

Les parties des enroulements du stator placées à l'intérieur doivent être solidement maintenues car elles sont soumises en cas de court-circuit à des efforts considérables.

La ventilation des dynamos pour turbines doit être très énergique, les enroulements de turbogénérateur ont été fréquemment carbonisés par suite d'une ventilation insuffisante. Dans tous les cas, pour des puissances dépassant 1000 kilowatts, il est avantageux de prendre l'air nécessaire à l'extérieur du bâtiment des machines. Deux méthodes de ventilation sont principalement employées, elles nécessitent toutes deux la fermeture complète de la dynamo: 1° le rotor porte des ailettes spéciales formant ventilateur, procédé employé en particulier par Brown; 2° ventilation forcée au moyen d'un ventilateur séparé mû électriquement (Siemens-Schuckert). On peut considérer les deux méthodes comme équivalentes, cependant la première semble plus simple, elle demande pourtant une puissance un peu plus grande que la seconde. Dans tous les cas, il est indispensable de ménager des canaux de ventilation de section convenable dans toutes les parties de la machine susceptibles de s'échauffer et de diriger l'air au moyen de chicanes convenablement disposées. La pression de l'air ne doit pas être trop élevée, environ 50^{mm} à 150^{mm} d'eau, car autrement, l'huile des paliers est expulsée.

En ce qui concerne la vitesse, les types généralement construits par Brown-Boveri pour courants alternatifs tournent à 3000 tours jusqu'à 600 kilowatts, à 1500 tours pour 700 à 4000 kilowatts, 1000 tours pour 5000 à 6000 kilowatts et 750 tours pour 7500 à 12000 kilowatts.

Le rendement des turboalternateurs peut être égal et même supérieur à celui des alternateurs à petite vitesse de même puissance, soit pour un $\cos\varphi = 0,8$ égal à 0,91-0,95. La principale difficulté à résoudre est l'autorégulation de la tension; pour une variation de charge totale, avec $\cos\varphi = 0,8$, l'élévation de tension est souvent plus grande que 30 pour 100 pour les petits types et rarement au-dessous de 20 pour 100 pour les plus grands.

La rotation parfaitement régulière des turbines rend le couplage en parallèle très facile et d'un fonctionnement absolument sûr.

Générateurs a courant continu. — Les difficultés sont ici beaucoup plus grandes que dans le cas d'alternateurs et peu de constructeurs ont entrepris la fabrication de ces machines; cependant, il existe de tels groupes de 1800 kilowatts; en particulier, on peut signaler une dynamo de 1000 kilowatts à 110 volts pour

une fabrique de produits chimiques, cette machine a déjà fourni un service de plus de 1000 heures sans donner lieu à aucune critique.

Les pôles auxiliaires sont ici absolument indispensables, ou mieux encore un enroulement de compensation qui annule complètement la réaction d'induit; pour des variations de charge répétées cette disposition est préférable en tous points, car il ne se produit pas de tension élevée entre les lames du collecteur, comme c'est le cas avec les pôles auxiliaires.

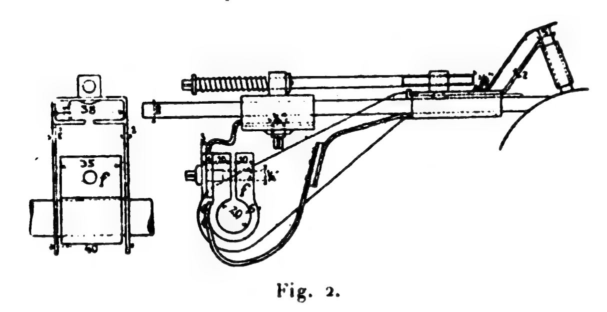


Fig. 2.

La partie la plus délicate de ces dynamos est incontestablement le collecteur; il doit être absolument indéformable, parfaitement rond et dimensionné de telle façon que sa température ne monte pas à plus de 35° à 45° au-dessus de la température ambiante; des dispositifs de ventilation sont recommandables. Le cuivre et le mica doivent s'user également et ne pas déborder l'un sur l'autre. La tension entre deux segments ne doit pas être plus grande que 20 volts, enfin la vitesse ne doit pas dépasser 25m à 30m par seconde. Les balais doivent être élastiques et ne doivent pas pouvoir quitter le contact; la figure 2 montre le porte-balai employé par la maison Brown-Boveri; il comporte un balai métallique et un balai de charbon; il est facile à régler, même en marche; l'usure des collecteurs avec ces balais est, paraît-il, très faible.

L'enroulement d'induit est en général placé dans des encoches et maintenu en place par des cales en bois dur ou en fibre, les connexions à l'extérieur du fer sont soigneusement frettées ou même maintenues par des anneaux en bronze ou en acier. Ces enroulements ont, eux aussi, tendance à « travailler » sous l'action de la force centrifuge, ce qui peut produire des courts-circuits. Les connexions au collecteur doivent aussi être exécutées très soigneusement, elles doivent être rivées et soudées à l'argent. La vitesse à la périphérie de l'induit ne doit pas dépasser 50m à 70m. E. B.

Dynamo à courant continu pour turbine à vapeur, par H. BEYER (*Elektrotechnik und Maschinenbau,* t. XXV, 29 septembre, 6 et 13 octobre 1907, p. 743, 768, 787). — La construction de ces machines se distingue en beaucoup de points de celle des dynamos ordinaires à petite vitesse. Il est indispensable de munir ces machines de pôles auxiliaires de commutation ou d'enroulements de compensation, car, pour de grandes puissances, ces dispositifs seuls peuvent permettre un bon fonctionnement.

Le nombre de pôles est beaucoup plus faible que dans le cas de machines ordinaires, et les pôles auxiliaires sont disposés entre les pôles principaux. Si la machine ne possède pas d'enroulement de compensation, le nombre d'ampères-tours à placer sur les pôles de commutation est donné par la formule suivante

$$(1) \qquad AW_a = \frac{Ni}{2p} \qquad \text{par pôle}$$

où N est le nombre de conducteurs sur l'induit, i le courant circulant dans chacun des conducteurs, p le nombre de pôles. Dans ces conditions, les ampères-tours de l'induit sont exactement compensés et il n'existe pas de champ entre le pôle auxiliaire et l'induit, sauf le champ de dispersion. Mais il est nécessaire de créer un champ de commutation que nous supposerons égal à B_c; si l'entrefer est δ_c entre le pôle et l'induit, il sera nécessaire d'ajouter sur le pôle auxiliaire un nombre d'ampères-tours égal à

$$(2) \qquad 0{,}8\,B_c\delta_c,$$

de sorte que le nombre total d'ampères-tours sur le pôle auxiliaire est

$$(3) \qquad AW_c = \frac{Ni}{2p} + 0{,}8\,B_c\delta_c.$$

Il est bon de prévoir un nombre d'ampères-tours un peu plus grand que le calcul ne l'indique, et de placer aux bornes de l'enroulement un shunt en métal résistant que l'on règle exactement lors de l'essai de la dynamo, de façon à obtenir non seulement un fonctionnement sans étincelles, mais aussi la plus faible température de régime du collecteur. Cette méthode a quelques défauts que l'auteur signale, entre autres l'inégale répartition du courant dans le shunt et l'enroulement par suite des coefficients de température qui peuvent être différents et aussi aux self-inductions très différentes de l'enroulement et du shunt; il conseille, en conséquence, de renoncer à cette méthode et de modifier l'entrefer des pôles auxiliaires jusqu'à ce que le résultat soit obtenu.

Les pôles auxiliaires peuvent être établis en fer forgé, ou en acier coulé, ils doivent couvrir deux dents et demie, au minimum deux dents; il est peu sûr d'employer des pôles plus courts que la longueur du fer de l'induit, la saturation doit être très faible de façon que le fer travaille dans la partie droite de la courbe d'induction, pour obtenir un champ de commutation proportionnel au courant débité. De nombreux brevets ont été pris pour des formes spéciales de pièces polaires auxiliaires, mais l'expérience a prouvé que la forme plate donnait d'excellents résultats.

L'auteur recherche quelles parties du circuit magnétique doivent être saturées et arrive aux conclusions suivantes : « La culasse et le noyau d'induit doivent être peu saturés; au contraire, les pôles principaux et les dents peuvent être saturés. »

Dans le cas de générateurs pour traction la saturation doit être choisie telle que, pour une surcharge de 100 pour 100, la tension de réactance non compensée ne

soit pas trop grande, car ces machines sont souvent mises en court-circuit.

Afin d'éviter, ou tout au moins d'amoindrir le champ transversal créé par l'induit, les pôles principaux sont munis d'encoches dans la direction de l'arbre, et la saturation dans les dents est poussée jusqu'à 20000 unités et plus; la figure 1 montre une forme très souvent employée.

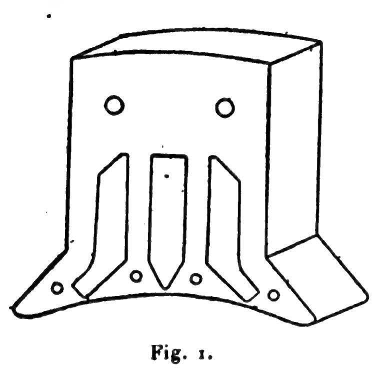


Fig. 1.

La saturation et la longueur des dents du pôle ainsi que la longueur de l'entrefer doivent être choisies telles que, à pleine charge et même en cas de surcharge, la densité du champ sous la corne polaire ne s'affaiblisse pas trop; il en résulterait une chute de tension, car il ne faut pas compter sur un renforcement du champ sous l'autre corne polaire.

Une machine construite suivant ces principes est certainement meilleure qu'une machine munie d'enroulements de compensation, cependant ces dernières sont préférées pour de moyennes et grandes puissances.

Dans le cas où un enroulement de compensation est employé, l'arc polaire peut être aussi grand qu'on le veut; cependant, pour ne pas trop augmenter la dispersion des pôles de commutation, on ne dépasse pas en général 0,55 à 0,7 de l'angle polaire. L'entrefer ne doit pas non plus être trop faible, aussi bien au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique, l'arbre est généralement d'assez faible diamètre et une attraction due à une faible inégalité d'entrefer pourrait lui être fatale, ce qu'il est facile d'éviter avec un entrefer assez grand; d'autre part, l'induit étant presque entièrement enveloppé par les pièces polaires, l'air circulant dans les canaux de ventilation doit sortir par l'entrefer qui, de ce chef, ne doit pas être trop faible.

L'enroulement de compensation n'annule jamais complètement les ampères-tours de l'induit, et plus l'entrefer est faible, plus est important le champ transversal qui en résulte. Le défaut principal du petit entrefer paraît cependant être l'effet du compoundage obtenu si les balais ne sont pas calés exactement sous les pôles de commutation.

Dans les figures 2 et 3 sont représentées les forces magnétisantes d'un induit et d'un système inducteur muni d'enroulements de compensation et de pôles de commutation. La ligne 1 représente la force magnétomotrice de l'enroulement de commutation, la ligne 2, celle de l'induit quand les balais sont placés sur la ligne neutre. La ligne 2_a représente la même force magnétomotrice, mais les balais occupant la position II, c'est-à-dire décalés dans le sens opposé à celui de la rotation de l'induit. Si pour la position I des balais le

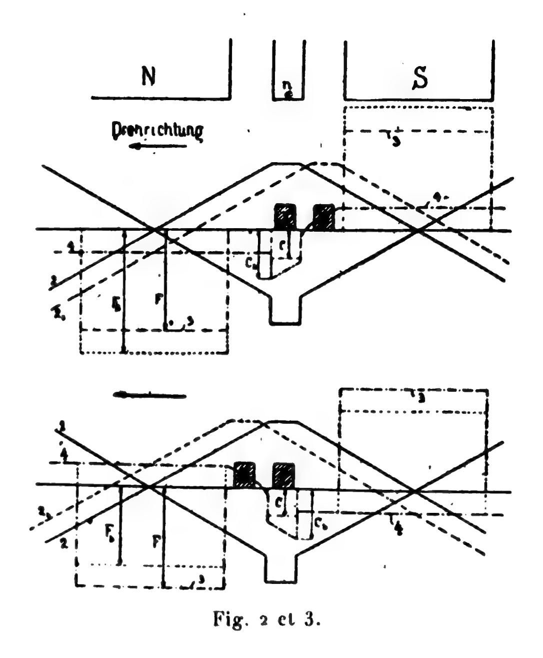


Fig. 2 et 3.

champ induit était parfaitement compensé, de sorte qu'il existe seulement le champ nécessaire pour la commutation, il en résulte, pour la position II des balais, une force magnétomotrice représentée par la ligne 4 qui se compose avec la force magnétomotrice des pôles principaux suivant la ligne 3, il en résulte un renforcement du champ principal; un décalage des balais dans le sens de rotation de l'induit a un effet inverse.

Cette propriété n'est pas un avantage, elle est au contraire un défaut; d'autant plus grand est l'entrefer, d'autant plus faible est ce défaut.

Les angles des pièces polaires doivent être arrondis fortement afin d'éviter les vibrations du champ inducteur principal qui ont pour effet d'induire des tensions assez fortes dans les spires de l'induit en court-circuit sous les balais (et aussi dans l'enroulement d'excitation) et qui peuvent influencer la commutation.

L'entrefer de petites machines jusqu'à 100 kilowatts n'est jamais fait plus petit que 6^{mm} (entrefer simple); pour des machines de puissance moyenne on adopte en général 8^{mm} et 10^{mm} à 12^{mm} pour des puissances de 1000 à 1500 kilowatts.

Le nombre de pôles est déterminé en général par la tension entre lames du collecteur; la fréquence est en général de peu d'influence sur le choix du nombre de pôles.

L'auteur étudie ensuite la dispersion des machines à pôles auxiliaires et à enroulements de compensation, et arrive à la conclusion suivante : au point de vue de la dispersion, les dernières sont préférables aux premières.

L'exécution de ces machines peut être faite de deux manières principales; en 1893, J. Seidener, de Vienne, construisait une machine compensée dont le système inducteur avait la forme d'un stator de moteur triphasé avec enroulements logés dans les encoches; Déri construisait une machine de la même manière. Cette construction a cependant le défaut de donner une zone neutre trop étroite.

La figure 4 représente une modification du système précédent, l'enroulement du système d'excitation *e* se

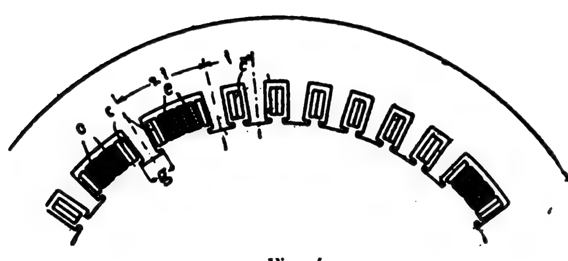


Fig. 4.

trouve placé dans une seule encoche, il est mis en place après l'enroulement de compensation *e*, de sorte que les réparations sont très faciles. La largeur des dents de commutation *g* est tenue plus grande que celle des autres dents qui forment les pôles principaux. Ce mode de construction ne permet pas de séparer l'inducteur en deux ou plusieurs parties.

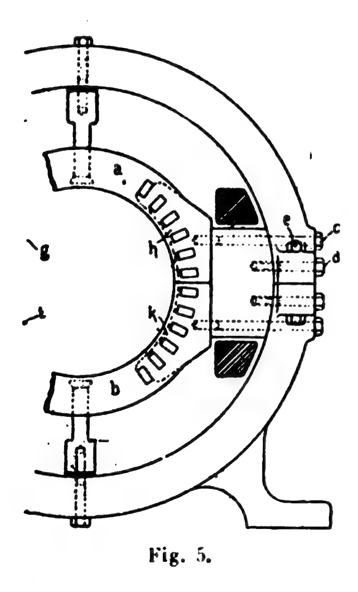


Fig. 5.

Il est plus avantageux d'exécuter ces machines suivant la construction connue sous le nom de Thomson Ryan. Avec cette méthode de construction, la culasse peut être de forme ordinaire en acier coulé, les pôles sont vissés comme dans la construction ordinaire. La figure 5 représente l'inducteur d'une machine bipolaire, la culasse est en deux parties, les pièces polaires sont en tôle rivées à deux flasques de bronze, l'enroulement de compensation est placé dans les encoches visibles sur la figure.

Les dimensions et la répartition des encoches sont choisies de telle façon que la pulsation du champ pendant la rotation de l'induit soit aussi faible que possible.

Cette forme d'exécution a l'avantage de rendre les enroulements parfaitement accessibles; les bobines d'inducteurs sont disposées exactement comme celles d'une machine ordinaire; le noyau inducteur peut être de forme circulaire.

Les induits peuvent être lisses ou dentés; l'enroulement est en général un enroulement imbriqué, afin de réduire le plus possible la tension entre lames du collecteur. La vitesse à la circonférence de l'induit ne doit pas dépasser 70^{m} à 80^{m} par seconde. L'auteur étudie la commutation dans le cas où plusieurs barres sont disposées dans les encoches et conclut que l'emploi d'encoches relativement étroites avec deux barres seulement par encoche est seul à recommander.

La tension entre lames du collecteur ne doit pas dépasser 20 à 25 volts, cette dernière valeur étant un maximum; avec un enroulement de compensation et des pièces polaires saturées, la tension entre lames reste sensiblement constante. Le nombre de lames au collecteur et la vitesse limite à la circonférence de l'induit imposent, en général, le choix du nombre des pôles à donner à la machine. Il est possible d'augmenter le nombre de lames au collecteur par la disposition indiquée à la figure 6.

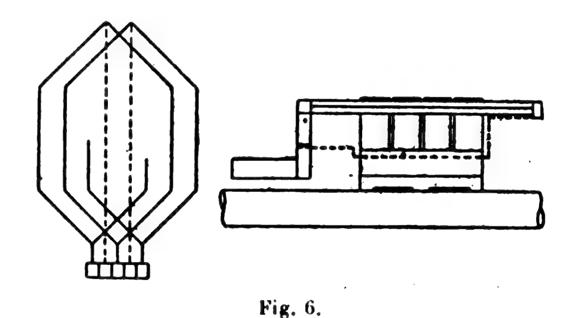


Fig. 6.

Il est possible de régler l'excitation des pôles auxiliaires de manière à obtenir un fonctionnement irréprochable même avec des balais métalliques et un courant par barre d'induit considérable, tel que, par exemple, 750 ampères par barre sur un induit tournant à 3000 tours.

L'établissement du projet et l'exécution de la partie mécanique doivent être faits avec le plus grand soin. Pour de petites machines, les tôles d'induit peuvent être montées directement sur l'arbre en paquets de 30^{mm} à 50^{mm} d'épaisseur, munis de trous de ventilation placés près de la circonférence intérieure; la distance entre les paquets doit être égale à au moins 8^{cm}, mais ne doit pas être trop grande, car dans ce dernier cas l'appel d'air est considérable et la puissance prise par ventilation est importante. Les plateaux de serrage des tôles

doivent être construits en bronze; ils peuvent être munis de joues en forme de poulies destinées à supporter les barres de l'enroulement, comme le montre la figure 7, représentant la coupe d'un induit de 200 kilowatts à 2600 tours et à 110 volts.

L'enroulement est maintenu en place à l'aide de frettages en fil de bronze dur; le fil d'acier convient moins, à cause du champ d'induit créé par les extrémités de l'enroulement, dans lequel tournent les bandages. Ces frettages peuvent être exécutés à la main; cependant il est préférable de les faire à l'aide d'une machine enregistrant à chaque instant l'effort exercé sur le fil (*A. E. G.*); ils doivent être calculés pour présenter un coefficient de sécurité égal à 5 pour une augmentation de vitesse de 25 pour 100.

Le plus grand soin doit être apporté à l'établissement

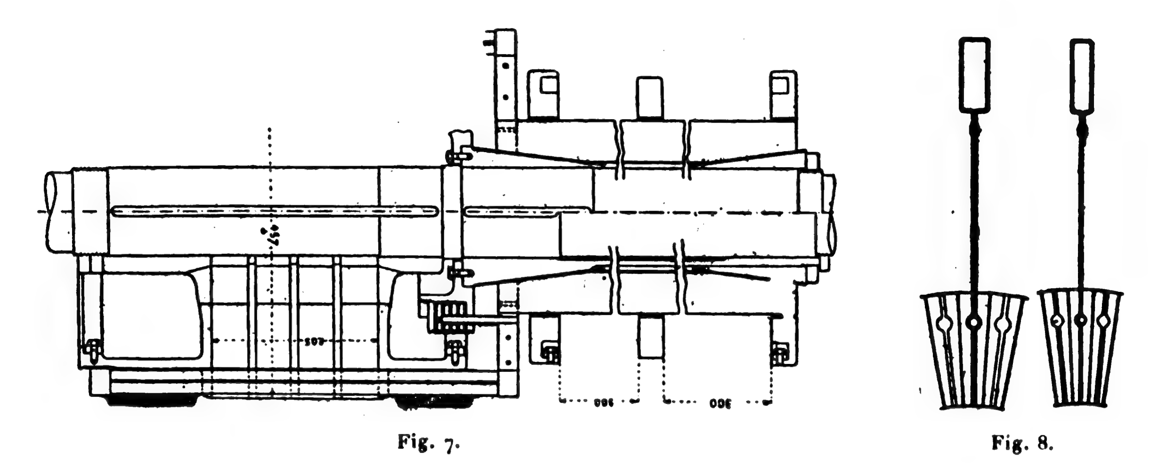


Fig. 7. Fig. 8.

du collecteur; l'isolement entre les lames doit être fait à l'aide de mica tendre de $1^{mm},5$ d'épaisseur pour une tension entre lames égale à 25 volts et de $0^{mm},8$ pour 20 volts. L'isolement entre les anneaux de serrage et le collecteur est également constitué par du mica de 5^{mm} à 8^{mm} d'épaisseur, suivant la tension.

Les ailettes du collecteur sont fixées, après serrage, comme l'indique la figure 8; les trous ronds sont d'abord percés, les fentes sont fraisées ensuite; les ailettes sont introduites dans les fentes et fixées à l'aide d'une cheville de fer introduite à force; le tout est ensuite soudé.

La vitesse à la périphérie du collecteur ne doit pas dépasser 40^{m} par seconde; l'arbre et l'épaisseur de cuivre du collecteur doivent être largement dimensionnés; la hauteur des lames doit être telle que, après une usure normale de 20^{mm}, les lames soient encore assez résistantes pour ne pas se courber sous l'action de la force centrifuge; les lames doivent être exécutées en cuivre étiré dur.

Le choix du type de balai à employer sur ces dynamos est très délicat; les balais en charbon ne donnent pas, en général, des résultats satisfaisants par suite de la grande vitesse du commutateur; il est en effet difficile d'éviter les vibrations de cette partie de la machine, ces vibrations font sauter les balais qui dès lors commencent à cracher. Les balais en métal ont donné de meilleurs résultats simplement à cause de leur flexibilité plus grande, mais l'ajustement des pôles auxiliaires est dans ce cas très délicat.

La combinaison des deux types de balais en un seul a donné de bons résultats, la construction en est représentée par la figure 9.

Avec une commutation convenable et une densité de 25 ampères par centimètre carré de balai métallique, le collecteur ne s'échauffe pas d'une manière excessive.

Le refroidissement de ces machines exige des précautions spéciales et quelquefois même l'installation d'un

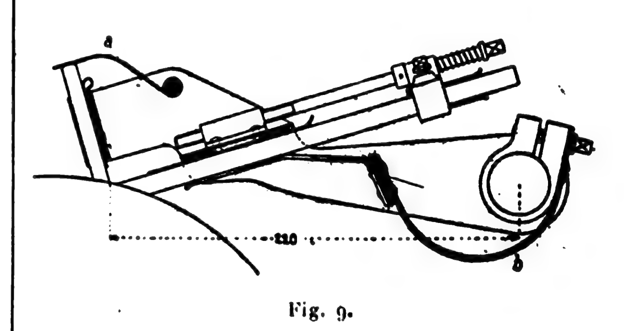


Fig. 9.

ventilateur prenant l'air à l'extérieur; dans ce cas, la dynamo doit être complètement enfermée et en communication avec le ventilateur par un système de canalisations. Pour assurer le refroidissement des barres d'induit, il est bon de prévoir des dispositions convenables pour que l'air traverse sans obstacle les parties de l'enroulement placées en dehors du fer (*fig.* 10).

L'arbre doit être dimensionné, de telle sorte que le nombre de tours critique soit assez loin du nombre de tours normal de la machine, ce qui oblige à faire de gros arbres, spécialement à cause de l'attraction magnétique.

Il est possible de calculer approximativement le nombre de tours critique d'un arbre donné. Désignons par α la force en kilogrammes pour obtenir une flèche

de 1^{cm} au point d'application de la charge et

$$m = \frac{\text{Poids de la charge en kilogrammes}}{981},$$

la vitesse angulaire critique est

(4) $$\omega = \sqrt{\frac{\alpha}{m}}.$$

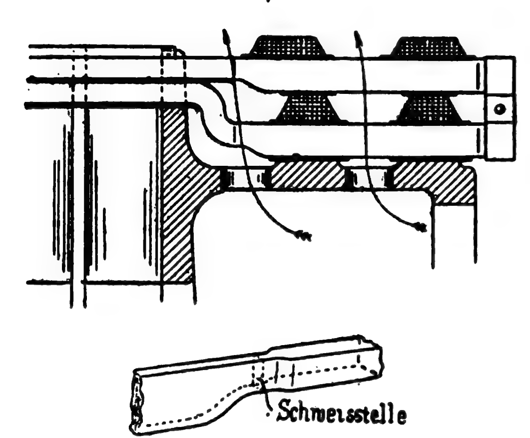


Fig. 10.

Si l'arbre est soumis à plusieurs charges, on calcule pour chacune d'elles la vitesse critique correspondante; le nombre de tours critique de l'ensemble est

(5) $$n = 9{,}55 \frac{\omega_1 \omega_2 \omega_3}{\sqrt{\omega_2^2 \omega_3^2 + \omega_3^2 \omega_1^2 + \omega_1^2 \omega_2^2}}.$$

D'après Stodola, la vitesse angulaire critique d'un arbre lisse est

(6) $$\omega_1 = 1{,}234 \frac{r}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\mu}},$$

où :

r = rayon de l'arbre en centimètres;
l = demi-longueur de l'arbre en centimètres;
μ = la masse spécifique par centimètre cube

$$(\text{acier } \mu = 0{,}0078 : 981 = 0{,}000\,007\,93);$$

$E = 2\,150\,000$:

d'où

$$\omega_1 = 6{,}42 \frac{r}{l^2} 10^5.$$

Dans le cas de la figure 11, la vitesse critique de l'arbre se calcule à l'aide de la formule (6), la vitesse critique de la charge seule est

(7) $$\omega_2 = 76{,}7 \sqrt{\frac{JEl}{a^2 b^2 G}},$$

G est le poids de la charge en kilogrammes; a, b, l s'expriment en centimètres; J = moment d'inertie de la section de l'arbre $= 0{,}7854\, r^4$; E = module d'élasticité.

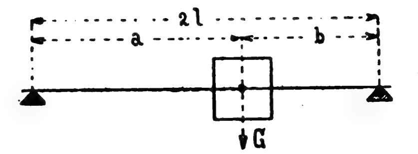


Fig. 11.

L'induit doit être exactement équilibré à l'aide de masses rapportées aux points convenables; il faut avoir soin de faire ces masses avec un métal dur et non avec du plomb qui ne résiste pas aux trépidations inévitables avec ces machines; les procédés d'équilibrage sont donnés par Stodola dans son Ouvrage *Die Dampfturbinen (voir* aussi AROLL, *El. u. Masch.*, 1906).

L'auteur donne, en terminant, les dimensions d'une génératrice pour turbine de la Westinghouse C° de 375 kilowatts, 240 volts, 1600 ampères à 2500 tours, quatre pôles, fréquence 83, dont l'induit a un diamètre extérieur de 560^{mm}, et une longueur de fer de 257^{mm}. Cette machine, à pleine charge, a un rendement de 96 pour 100. E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : ALEXANDERSON. USAP. 861072, 12 janv. 1907 (dynamo). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 99 et 633, 1907 (alternateurs); 6966 et 11935, 1907 (dynamo à courant continu à pôles auxiliaires). — CHAUVET. BF. 378316, 9 mai 1907 (auto-régulateur des machines dynamos). — DEAN. BP. 1162, 1906 (machines statiques). — DECKER ELECTRICAL MANUFACTURING CY. BP. 19951 A, 1906 (connecteurs pour batteries). — ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BF. 377621, 10 mai 1907 (enroulement multiple). — FARRELL. BP. 17355, 1906 (dynamo). — FAYARD. BF. 379062, 6 mai 1907 (générateur d'électricité aérien). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. BP. 975, 1907 (dynamo); 4045, 1906 (pôles compensateurs pour dynamos); 6890, 1907 (bobines de self-induction). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 22221, 1906 (dynamo); 22625, 1906 (collecteurs); 22904 et 23563, 1906 (dynamo). — GLOSSEL et LITTMANN. BP. 7309, 1906 (armatures des magnétos). — HALLOCK. BF. 378756, 13 juin 1907 (génératrice électrique). — HEYLAND. BF. 378555, 27 mai 1907 (machine électrique avec réglage automatique). — HUNT et SANDYCROFT FAINDRY CY. BP. 15711, 1906 (enroulements d'alternateurs). — JOHNSON. BP. 7920, 1906 (dynamo). — JONES, POHL AND DYNAMO MANUFACTURING CO. BP. 22981, 1906 (dynamo). — KING. USAP. 860979, 26 déc. 1906 (dynamo). — LEITNER. USAP. 860813, 9 août 1905 (dynamo). — LORING. BP. 20752, 1906 (montage des dynamos). — MATHIESEN. USAP. 861192, 25 janv. 1907 (dynamo unipolaire); BP. 29193, 1906. — MAVOR et MAVOR et COULSON LTD. 18313, 1906 (ventilation des dynamos). — MERSHON. BF. 378809, 12 avril 1907 (machines à courants alternatifs). — MIETENS. BF. 379348, 17 juin 1907 (perfectionnements aux alternateurs). — MUDGE. USAP. 856414, 24 août 1906 (dynamo). — MUNZ. BP. 22323, 1906 (magnéto). — NŒGGERATH. BP. 21002, 1906 (dynamo). — ROSENBERG. BP. 19627, 1906 (dynamo auto-régulatrice). — ROSSIGNOL et BRISSET. BF. 378905, 17 juin 1907 (magnéto).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

RELAIS.

Sur la question des relais à courant alternatif d'après le principe de Ferraris, par R. DAVID et K. SIMONS (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, p. 941 et suivantes, 26 septembre 1907). — L'auteur donne une nouvelle forme de l'expression du couple créé par deux champs alternatifs décalés dans le temps et dans l'espace sur un disque de Ferraris, au repos et en mouvement. On sait qu'il est possible de créer de cette manière un couple qui soit proportionnel au carré du courant ou de la tension ou encore au produit de la tension par le courant. Il donne ensuite quelques applications mécaniques et en fait la critique.

Soit un disque de surface T mobile autour d'un axe perpendiculaire à sa surface dans un champ alternatif ayant un nombre de lignes de force maximum N_1. La valeur maxima du champ $\mathfrak{B}_{1\rho\alpha}$ en un point du disque ($\rho\alpha$) peut être différente pour différents points, la phase est au contraire la même pour tous les points, ainsi

$$N_1 \sin\omega t = \sin\omega t \int_F \mathfrak{B}_{1\rho\alpha}\, dF.$$

Ce champ induit dans le disque une force électromotrice parallèle à son plan, cette force électromotrice a pour valeur

$$e = \omega \cos\omega t \int_f \mathfrak{B}_{1\rho\alpha}\, df = \omega \cos\omega t\, N_f,$$

où N_f est la partie de N_1 agissant sur la surface f.

Le disque peut être considéré comme dépourvu de self-induction, le courant sera donc

$$i_{1\rho\alpha} = c_{1\rho\alpha}\, \omega \cos\omega t\, N_1,$$

$c_{1\rho\alpha}$ étant un facteur dépendant de ρ et α, de la conductivité et de l'épaisseur du disque.

Un deuxième champ agit sur le disque, ce second champ peut être distribué d'une manière différente et possède en outre un certain décalage de phase avec le premier, soit

$$N_2 \sin(\omega t + \chi) = \sin(\omega t + \chi) \int_F \mathfrak{B}_{2\rho\alpha}\, dF.$$

Le courant prend la valeur

$$i_{2\rho\alpha} = c_{2\rho\alpha}\, \omega \cos(\omega t + \chi) N_2,$$

ce courant se superpose au premier.

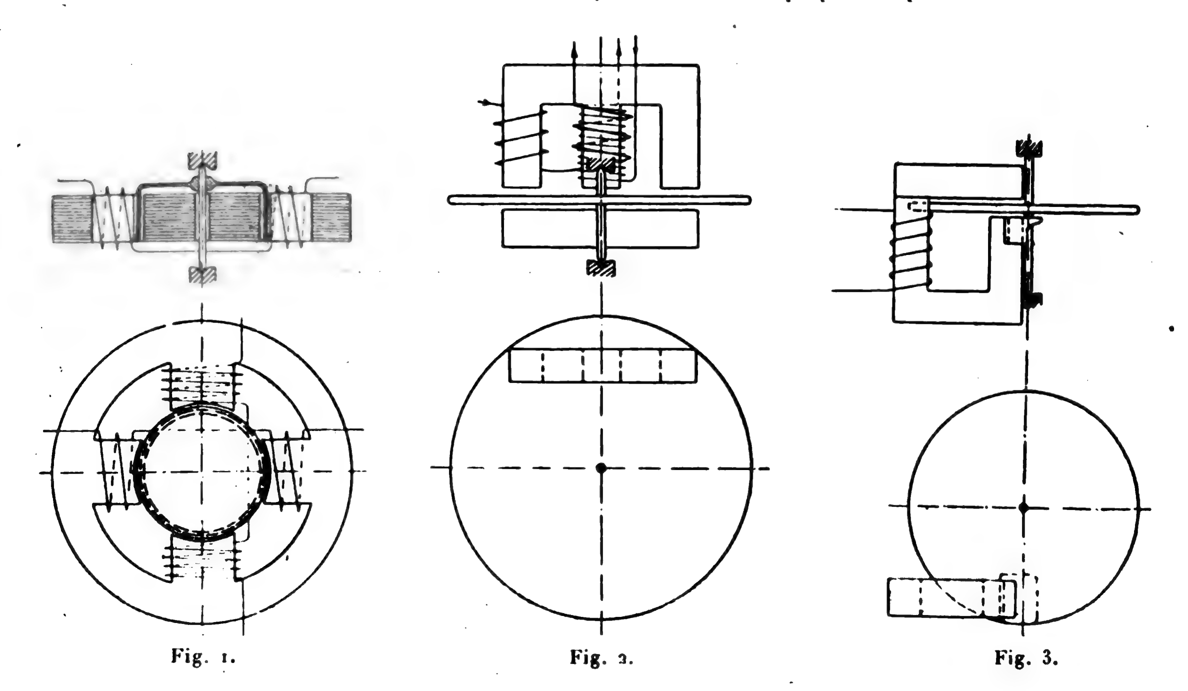


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

L'auteur établit la formule du couple exercé sur le disque que nous donnons ci-dessous :

$$M = \omega C' N_1 N_2 \sin\chi + u(K_1 N_1^2 + K_2 N_2^2 + K_{1,2} N_1 N_2 \cos\chi).$$

La figure 1 montre la disposition adoptée par Siemens, la figure 2 la disposition de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft; les champs décalés sont produits par un même courant dans des bobines ayant des coefficients

de self-induction différents. La disposition de la figure 3 employée par Brown-Boveri et Cie ne possède qu'une seule bobine parcourue par le courant, un enroulement en court-circuit embrassant une certaine partie du noyau de fer complète le système.

Si le fer n'est pas saturé, le champ sera proportionnel à E_p ou à J, le couple avant le commencement du mouvement sera proportionnel à E_p^2 ou à J^2 ou à $E_p J \sin\psi$ où $\psi = \varphi + \chi$, si φ est le décalage variable dans le circuit extérieur et χ le décalage constant dans l'appareil même.

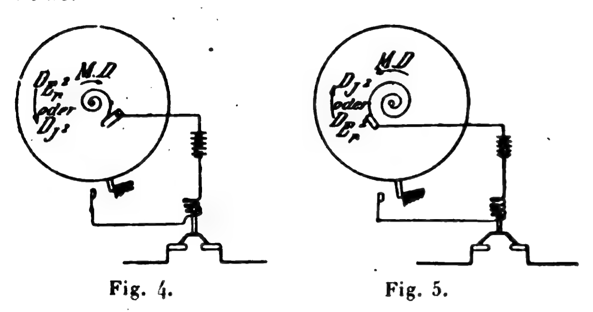


Fig. 4. Fig. 5.

En général le relais agit contre l'effort d'un ressort, d'un poids ou d'un frottement que nous appellerons MD. Le couple électrique est proportionnel à $E_p^2 (D_{E_p^2})$, cet appareil peut être employé à couper un circuit si la tension baisse ou vient à manquer complètement; à tension normale ($D_{E_p^2}$) doit être plus grand que MD. La figure 4 représente schématiquement ce système de relais. Le même appareil retourné (*fig.* 5) peut servir comme relais fonctionnant en cas de surtension.

Si le couple est proportionnel à J^2 l'appareil fonctionne pour une valeur déterminée du courant comme un appareil à maximum. Si l'appareil récepteur fonctionne en génératrice le courant s'inverse mais le couple ne change pas de sens.

Le couple peut également être proportionnel à

$$E_p J \sin\psi,$$

et dans ce cas l'appareil peut être employé comme relais à maximum et à retour de courant, car dans ce dernier

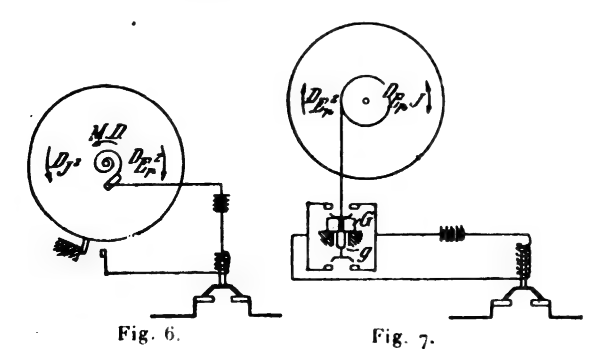


Fig. 6. Fig. 7.

cas le couple change de sens, mais si en cas de surcharge la tension baisse ou si le décalage augmente, le fonctionnement est incertain.

Il est possible de construire deux couples électriques agissant en sens contraire et un couple mécanique, de sorte que l'appareil fonctionne sûrement comme relais à maximum ou pour manque de tension (*fig.* 6). Si $D_{J^2} + MD > D_{E_p^2}$, il fonctionne à maxima; si

$$D_{J^2} + D_{E_p^2} = 0,$$

il fonctionne sous l'action du couple mécanique seul.

La figure 6 montre une disposition plus complète fonctionnant comme relais à maximum, à retour de courant et pour manque de tension.

Si un couple électrique D_{J^2} agit contre un couple proportionnel à $E_p J \sin\psi$ et un couple mécanique (*fig.* 7), les couples sont donnés en fonction de J par la figure 8.

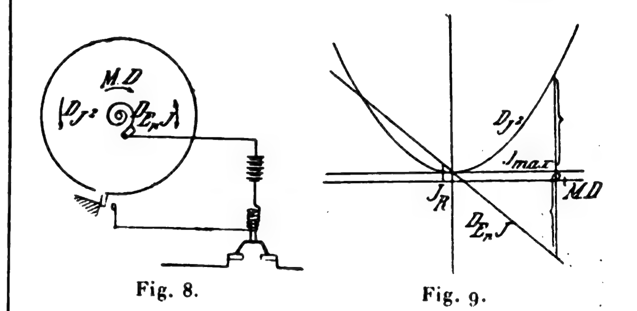


Fig. 8. Fig. 9.

Le système fonctionne comme relais à maximum et à retour de courant car le disque se met en mouvement si le courant dépasse sa valeur normale. Ce couple proportionnel à D_{J^2} surmonte le couple mécanique et le couple simplement proportionnel à J; si le courant s'inverse, les deux couples électriques s'ajoutent et surmontent le couple mécanique, car la direction du couple D_{J^2} reste toujours la même. Ce relais n'a pas seulement la propriété de fonctionner pour une certaine baisse de tension, par exemple lors d'un court-circuit, mais encore dans le cas où le décalage de phase devient anormal. Comme relais à maximum il est cependant moins énergique, car si le couple croît comme le carré du courant, le couple opposé croît comme le courant.

Il ne faut pas oublier que dès le commencement du mouvement, pour tous ces relais, de nouveaux couples se créent qui ont pour effet de retarder le fonctionnement; il est possible de remplacer encore cet effet au moyen d'aimants permanents convenablement disposés pour en faire des relais à fonctionnement différé ou retardé.

E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : Alexanderson. USAP. 861012, 10 déc. 1906 (moteur à courant alternatif). — Felten et Guilleaume Lahmeyerwerke (Société). BF. 378424, 3 juin 1907 (moteur); 378564, 10 mai 1907 (moteur à répulsion). — Finnigan. BP. 22177, 1906 (moteurs électromagnétiques). — Irving. BF. 378442, 4 juin 1907 (moteur électrique). — Latour. USAP. 860981, 21 janvier 1905 (moteur à courant alternatif). — Mendelson. BP. 18739, 1906. — Steinmetz. USAP. 865617, 7 août 1905 (moteur d'induction). — *Démarrage et régulation :* Brun. USAP. 865011, 28 fév. 1906 (réglage de la vitesse des moteurs à courant continu). — Ells. USAP. 860791, 2 mai 1906 (dispositif pour protéger les moteurs et

dynamos contre l'humidité). — Felten et Guilleaume. BP. 2677, 1907 (augmentation du couple de démarrage des alternateurs). — Henrion. BF. 377733, 11 mai 1907 (démarreur automatique pour moteur électrique). — Herath et Hultman. USAP. 863177, 7 août 1905 (dispositif automatique de sûreté pour moteur électrique). — Heyland. BF. 378831, 21 mai 1907 (système de démarrage et de réglage). — James. USAP. 862168, 13 nov. 1905 (régulateur de moteur d'induction). — Kallmann. BP. 24995, 1906 (démarreur). — Léonard. BF. 378806, 5 avril 1907 (système de contrôle pour moteurs). — Moy, Bastie and E.-F. Moy Ld. BP. 6809, 1907 (démarreurs pour moteurs). — O'Brien. USAP. 860104, 19 avril 1905 (démarreur automatique actionné par un solénoïde). — Pifre. BF. 378204, 28 mai 1907 (dispositif de réglage pour moteurs électriques); 378269, 30 mai 1907 (démarrage des moteurs électriques); 378623, 8 juin 1907 (commande et réglage pour moteur à courant alternatif); 378921, 17 juin 1907 (dispositif de sûreté empêchant le renversement du sens de rotation des moteurs). — Siemens-Schuckertwerke. BP. 1243, 1907 (démarreur et régulateur des moteurs). — Smith. BP. 18516, 1906 (démarreurs). — Watson. USAP. 863683, 1er sept. 1906 (porte-balais pour moteurs). — Wittingham. USAP. 862226, 16 juillet 1903 (régulateur de moteur). — *Contrôleurs :* Bogen. USAP. 865822, 27 mai 1907. — Hill. USAP. 860976, 14 nov. 1905 (commande à distance des moteurs). — Larzelere. USAP. 863188, 16 janvier 1907. — Lee. USAP. 865970, 4 juin 1906. — Pifre. BF. 377656, 18 avril 1907 (dispositif pour la commande et le contrôle des moteurs alternatifs). — Powell. USAP. 865811 à 865821, 16 avril, 30 juin, 27 et 30 juillet, 29 sept. et 19 décembre 1906, 28 janvier, 1er et 25 mars 1907. — Sundh. USAP. 861197, 27 déc. 1904. — Thomson-Houston (Ateliers). BF. 379100 (commande de moteurs électriques). — Zweigbergk. USAP. 861790, 28 nov. 1906.

Électro-aimants : Lindquist. USAP. 863296, 9 mai 1905 (électro à courant alternatif). — Thompson. USAP. 862361, 17 juillet 1905 (dispositif pour varier le nombre de tours d'un solénoïde).

Machines et appareils : Anderson. USAP. 858135, 17 mai 1906 (régulateur de vitesse). — Bates. USAP. 860117, 9 juillet 1906 (base pour appareils électriques). — Berty (Mac). USAP. 862580, 16 juillet 1906 (relais). — Binko and Phœnix Electric Heating Cy. BP. 15499, 1906 (appareil de vulcanisation). — Boone. USAP. 866327 (appel à temps automatique). — Brauer. USAP. 864154 (avertisseur contre vol avec appareil photographique). — Brook et Hirst. BP. 18365, 1906 (boîtes métalliques pour appareils électriques). — Bruncken. BF. 379764, 10 juillet 1907 (excitateur régulateur). — Burnaud. BP. 17236, 1906 (régulateur). — Cadden. USAP. 861162, 1er déc. 1904 (méthode de construction d'une sonnerie électrique). — Chilton, Newton et Brush. BP. 19248, 1906 (turbines). — Churchward. USAP. 865997, 20 déc. 1902 (dispositif pour variation de vitesse). — Cowper-Coles. BP. 20639, 1906 (enlèvement des cylindres métalliques de leurs mandrins); 21081, 1906 (fabrication de tubes en fer). — Cumberland. BF. 378922, 17 juin 1907 (dispositif pour empêcher la corrosion). — Deutsche Telephonwerke Ges. BP. 12532, 1907 (ressort pour appareil électrique). — Dragoumis. BP. 19956, 1906 (phonographes électriques). — Drewell. USAP. 861519, 14 nov. 1906; BP. 27060, 1906 (commande des machines à composer). — Eden. USAP. 865771, 18 juillet 1905 (sonnerie électrique pour signal). — Emery. USAP. 863791, 10 janvier 1907 (dispositif protecteur). — Everett. BP. 21543, 1906 (indicateur de vitesse). — Felten. BP. 3899, 1907 (régulateur pour treuils et appareils de levage). — Felten et Guilleaume BP. 17459, 1906 (machines à volants); 18156, 1906 (régulateurs); 29496, 1906 (accouplements à friction). — Fergusson. USAP. 866011, 9 fév. 1907 (dispositif pour garnir les appareils électriques à vapeur). — Feron. BF. 379642, 3 juillet 1907 (modérateur électrodynamique). — Fluckinger. BP. 1082, 1906 (sonneries). — Friedrich. BF. 377719, 11 mai 1907 (procédé pour produire un espace vide d'air). — General Electric Cy. BP. 18186, 18877, 20803, 21253 et 22347, 1906 (régulateurs); 24446, 1906 (protecteur pour appareil électrique). — Grass. USAP. 863570 (avertisseur électrique). — Gray. USAP. 866128, 1er déc. 1899 (dispositif pour produire des sons sous l'eau au moyen d'une plaque excitée électromagnétiquement). — Hadfield. BP. 2377, 1906 (augmentation des propriétés magnétiques d'un corps magnétique). — Happer. USAP. 864842, 4 janv. 1907 (commande électrique des machines à papier). — Hewitt. USAP. 862333, 1er juillet 1904 (procédé pour faire le vide dans les tubes). — Hill. USAP. 865038, 19 mai 1906 (sonnerie étanche). — Hirst. BP. 22091, 1906 (accessoires pour l'électricité). — Holmes. USAP. 862478 (commande électrique des horloges). — Hunter. USAP. 866471, 9 juin 1906 (sonnerie électrique). — Irish. USAP. 861654, 15 mars 1906 (couvercle pour boîtes électriques) — Jahr. BF. 378739, 12 juin 1907 (récepteur). — Johnson. BP. 23781, 1906 (thermomètre à résistance). — Jones. USAP. 864542 (support et réflecteur). — Kallmann. BF. 377655, 18 avril 1907 (freinage électrique); USAP. 862740, 1er juin 1905 (résistance à haut coefficient de température employée comme contrôleur). — Kendal. USAP. 855892 (commande électrique des valves de machines à vapeur). — King's Norton Metal Cy, Bayliss et Smith. BP. 24270, 1906 (tubes scellés).

Signaux : Anthony. USAP. 856670, 28 nov. 1906 (block-signal). — Baldwin. USAP. 853618, 19 juil. 1906 (signal électrique pour tramways à trôlet). — Bevan. BP. 24532, 1906 (commutateur pour signaux de chemins de fer). — Bliss. USAP. 856440, 5 déc. 1906 (block-système). — Bowen. USAP. 856511. — Casale. USAP. 854926, 23 juin 1906 (signal de chemin de fer). — Chapman. USAP. 859872, 4 fév. 1903 (signal à électro pour block-système). — Ciri. BP. 16693, 1906. — Doran. USAP. 859598, 28 juin 1906 (signal électrique avec dispositif de contrôle). — Eden. USAP. 858064, 5 fév. 1906. — Exterkamp. USAP. 845344, 25 fév. 1907 (signal disposé sur la voie). — Flora. USAP. 853579, 8 mars 1906 (signal pour provoquer l'explosion d'une torpille au passage d'un train). — Fuller. USAP. 853403, 19 janv. 1907 (signal pour block-système commandé par une batterie portée par le train). — Hawkins. USAP. 856465, 856466, 856467 et 856583, 3 déc. 1906, 11 janv. 1907 et 8 nov. 1906 (différents signaux pour block-système) — Langlumé. USAP. 856071 (signal). — Leake. USAP. 853888, 6 oct. 1905 (dispositif pour signal électrique). — North. BP. 13594, 1906 (signaux). — Orcutt. USAP. 856094, 13 oct. 1905; 855727, 856095, 855966, 855967 et 855968, 1er sept. 1906 (signaux installés sur la voie et la locomotive; sémaphore dont les bras portent des lampes à incandescence; block-système à courant alternatif; signal de block-système commandé de la locomotive). — Pearce. USAP. 856290, 28 nov. 1906 (signal électromagnétique). — Pfeil. USAP. 856179, 19 janv. 1906 (signal actionné par moteur). — Philipps. USAP. 855971, 6 août 1906. — Stotts et Dickey. USAP. 854970, 13 août 1906 (signal pour block-système). — Thullen. USAP. 858120, 2 mars 1906 (signal pour courant alternatif). — Webb. USAP. 859473, 25 août 1906 (système sélectif pour signaux). — Webster. USAP. 853287, 19 sept. 1903 (signal complémentaire).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

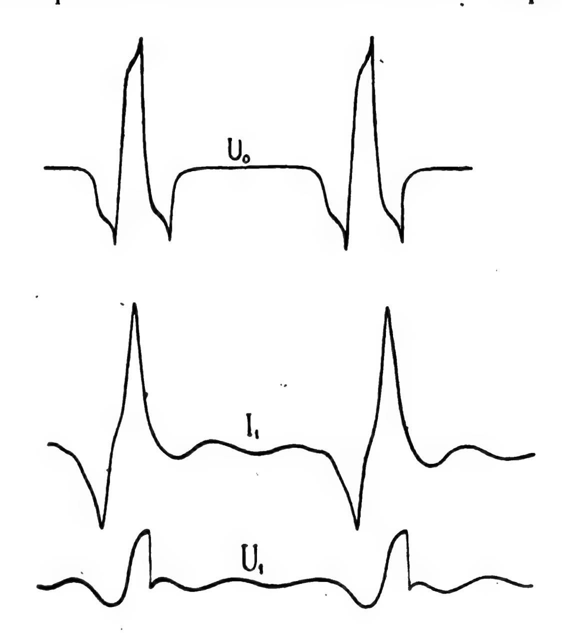
TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

Génératrice destinée à la télégraphie sans fil, par P. VILLARD (*Comptes rendus*, t. CXLV, 12 août 1907, p. 389). — Les étincelles oscillantes utilisées dans la télégraphie sans fil s'obtiennent soit avec une bobine de Ruhmkorff, soit au moyen d'un courant alternatif servant à charger un condensateur dont les décharges oscillantes agissent par induction sur une portion de l'antenne (excitation indirecte). La première source a toujours donné les meilleurs résultats, mais sa puissance est très limitée; la seconde a l'inconvénient de fournir une rapide succession d'étincelles (80 à 100 par seconde aux fréquences usuelles de 40 et 50) qui consomme inutilement de l'énergie; pour éviter l'emploi de fréquences trop basses (10 à 12), on a recours à la *raréfaction* de l'étincelle, phénomène dont M. Blondel a donné la théorie complète et qui consiste en ce que l'étincelle n'éclate que toutes les dix alternances par exemple, ou moins souvent encore. Il suffit pour cela que le circuit de charge du condensateur soit en résonance avec la source : dans ces conditions, l'amplitude de la tension croît d'alternance en alternance et s'approche du régime de résonance jusqu'à ce que la décharge ait lieu; la tension descend alors à zéro et le régime variable recommence. L'énergie disponible dans une étincelle se trouve ainsi notablement accrue, mais un réglage précis est nécessaire et d'ailleurs la puissance dépensée pendant le régime préparatoire n'est pas négligeable.

Il conviendrait donc d'avoir une génératrice pouvant dépenser brusquement une puissance considérable, ces dépenses brusques ne se reproduisant qu'un nombre assez restreint de fois (20 à 25) par seconde. C'est une telle génératrice que M. Villard a construite et qu'il décrit brièvement dans la Note qui nous occupe.

L'induit est fixe et porte seulement deux bobines, de faible étendue angulaire, diamétralement opposées. L'inducteur, qui tourne à l'intérieur de l'induit, présente quatre pôles alternés deux à deux très voisins, figurant à peu près la lettre H. Pendant près d'un demi-tour, ces pôles ne passent devant aucune bobine et le travail dépensé se réduit aux pertes dans les tôles de l'induit. Toute la puissance est dépensée pendant une faible fraction de tour et dépasse alors beaucoup celle d'un alternateur ordinaire de même puissance moyenne.

Pendant la fraction de tour utile, un premier pôle inducteur arrive devant une bobine induite et y produit une force électromotrice ayant pour valeur maximum $+E$; la substitution du second pôle au premier produit une variation de flux double et une force électromotrice $-2E$; enfin, le départ du second pôle donne de nouveau $+E$, puis tout phénomène électrique cesse jusqu'au passage suivant de l'inducteur devant les bobines induites. La courbe de tension, relevée à l'oscillographe Blondel et que montre la figure ci-dessous, est conforme à ces prévisions : on voit, en effet, que chaque période se compose de trois alternances dont l'une a une amplitude double de celle des deux autres.



On réalise ainsi de rares périodes dont chacune a une fréquence propre élevée, très avantageuse pour la transformation, et, de plus, chaque période donne une étincelle seulement, toujours de même sens, tandis que le courant alternatif ordinaire en donnerait deux (une par alternance). Cette dissymétrie, qui rappelle celle de la bobine de Ruhmkorff, permet d'utiliser facilement l'appareil, non seulement en télégraphie sans fil, mais encore pour la production des rayons X. A cause aussi de cette dissymétrie, un arc ordinaire alimenté par cette machine redresse une notable partie du courant qui le traverse, et l'aspect des charbons est exactement le même qu'avec du courant continu (cratère positif et pointe négative).

Si la machine alimente un transformateur relié à un condensateur, chaque impulsion produite par le passage de l'inducteur devant les bobines induites détermine la production d'un régime oscillatoire amorti, qui fait disparaître le palier de la courbe; mais si le condensateur se décharge sur un éclateur ce régime cesse aussitôt et, la force électromotrice de la machine diminuant, d'autre part, très vite, le courant s'annule presque entièrement ainsi que la dépense d'énergie.

Il résulte des mesures faites à l'oscillographe que la tension maximum est égale à trois fois la tension efficace : c'est le double de ce que donne un courant alter-

natif ordinaire. On obtient d'ailleurs aisément des surtensions plus élevées; ainsi, en appliquant une tension efficace de 50 volts aux bornes d'un transformateur ayant un rapport de transformation égal à 200, on a facilement 5^{cm} d'étincelle entre boules et, si le transformateur est relié à une antenne, on arrive à 10^{cm} et même 12^{cm}.

De nombreuses expériences ont été faites avec cette machine soit au laboratoire, soit sur le terrain, en collaboration avec le capitaine Ferrié; à égalité de puissance motrice disponible, les résultats ont été, surtout en excitation indirecte, très supérieurs à ceux que donne une bobine d'induction.

Transformateur à fuites magnétiques et à résonance secondaire pour télégraphie sans fil, par GAIFFE et GUNTHER (*Comptes rendus*, t. CXLV, 30 septembre 1907, p. 566). — La combinaison des fuites magnétiques et de la résonance secondaire donne dans les transformateurs des particularités de fonctionnement que les auteurs, dans leur Note fort concise, exposent comme il suit :

1° Dans ces transformateurs, malgré la possibilité des fuites magnétiques, le circuit secondaire se laisse traverser sans aucune difficulté par le flux créé par l'enroulement primaire, car le flux secondaire est en phase avec le flux primaire lorsqu'on charge des capacités.

2° Du fait de la résonance qui s'établit entre les capacités à charger et l'enroulement secondaire, le flux qui traverse ce dernier croît à chaque période jusqu'à une valeur très supérieure au flux créé par l'enroulement primaire et qui n'est limitée que par la grandeur des pertes par effet Joule et par hystérésis et par courant de Foucault.

3° Une surtension considérable apparaît donc au circuit secondaire, surtension analogue à celle qu'on obtient avec les transformateurs industriels ordinaires par le moyen d'une self-induction intercalée dans le primaire de ce transformateur.

4° Le supplément de flux secondaire apporté du fait de la résonance ne peut traverser le primaire qui lui fait écran magnétique, de sorte qu'aucune surtension n'est à craindre ni dans le primaire du transformateur ni dans la source.

5° Il est donc possible de donner au noyau de fer du primaire du transformateur une section considérablement plus faible que celle nécessaire pour le noyau de fer secondaire, puisque les flux qui les traversent sont très différents.

6° De tout ce qui précède il résulte qu'aucune des brusques variations du régime secondaire provoquées par l'éclatement des étincelles ne peut réagir sur le primaire du transformateur, ni sur la source qui l'alimente.

7° A cause des fuites magnétiques, une mise en court-circuit accidentelle du transformateur ne présente aucun danger ni pour le transformateur ni pour la source.

BREVETS RÉCENTS.

Téléphonie : Anker. BF. 379333, 27 mai 1907 (protecteur pour récepteur téléphonique). — Bankhead. USAP. 863253, 17 nov. 1906 (récepteur). — Bell. BP. 28922, 1906. — Berg. USAP. 859909, 23 avril 1907 (support de téléphone). — Brittain. USAP. 866577 (support pour récepteur). — Browne BF. 377472, 2 mai 1907 (transmetteur). — Buttler. USAP. 861357, 11 sept. 1906 (dispositif pour la localisation des défauts dans les lignes téléphoniques). — Cerebotani et Silbermann. BF. 377568, 7 mai 1907 (dispositif pour plusieurs postes en participation reliés à une conduite générale). — Clausen. USAP. 861808 et 861809, 20 nov. 1901 et 21 nov. 1903 (bureau téléphonique). — Clement. USAP. 860902, 11 nov. 1905 (système téléphonique). — Coan. BP. 16066, 1906 (récepteurs). — Conner. USAP. 862713, 28 mai 1904 (bureau téléphonique). — Craft. USAP. 862449, 9 avril 1906 (commutateur à crochet). — Cunningham. BP. 42, 1907 (compteur de conversations). — Dean. USAP. 862616, 3 sept. 1901 (téléphone à batterie centrale); 864454, 29 juill. 1903 (système de contrôle pour circuits téléphoniques); 864887, 25 janv. 1904 (signal actionné par un relais pour circuits téléphoniques); 866266, 19 juin 1903 (téléphone à batterie centrale). — Dieselhorst. USAP. 863969, 29 mars 1904 (âme de câble pour téléphone et télégraphe). — Duchatel. BF. 378805, 4 avril 1907 (téléphone encaisseur automatique, horloge de contrôle et signal). — Elala (D'). BF. 377647, 13 avril 1907 (dispositif électrique augmentant les sons transmis et reçus au téléphone). — Eldred. USAP. 863705, 19 mars 1906 (signal). — Farmer. USAP. 860860, 4 fév. 1902 (système). — Friedlander. BP. 29276, 1906. — General Acoustic Co. BF. 377839 et 377966, 15 et 18 mai 1907 (appareil pour dicter téléphoniquement et transmetteur téléphonique). — Grenier. USAP. 865379, 18 avril 1906 (jack). — Grimm. USAP. 860025, 26 mai 1906 (plaque de garde pour les transmetteurs téléphoniques). — Gross. USAP. 861459, 9 mai 1906 (attache pour récepteur). — Hammond et Hammond. USAP. 862072, 18 nov. 1903 (bureau téléphonique). — Hjorth and Berglund. BP. 23002, 1906 (téléphone et télégraphe). — Jankelowitz. BF. 377965, 18 mai 1907 (revêtements pour pavillons de microphones). — Joeckel. USAP. 866138, 23 fév. 1904 (système). — Kaisling. USAP. 863720, 2 mars 1906 (sonnerie d'appel). — Kitsee. USAP. 861126, 11 oct. 1906 (transmission de courants induits). — Kneisly. USAP. 860920, 12 juil. 1906 (dispositif téléphonique). — Knight. USAP. 860874, 10 janv. 1906 (clef téléphonique). — Knoll. USAP. 866036, 11 août 1905 (parleur). — Ludlow. USAP. 863617, 6 avril 1904 (récepteur et transmetteur à diaphragme commun). — Maddock. USAP. 860044 (attache pour téléphone). — Maiche, Marcelof et Roux. BF. 377785, 21 juil. 1906 (transmission téléphonique). — Marinier. BF. 378490, 5 juin 1907 (protecteur applicable aux récepteurs téléphoniques). — Mills. USAP. 864382 (support pour récepteur). — Mix et Genest. DRP. 186776, 2 déc. 1905 (commutateur). — Mogridge. USAP. 862497, 16 nov. 1906 (support pour récepteur). — Overshiner. USAP. 863629, 31 mai 1904 (jack). — Pape. USAP. 864858, 16 juin 1904 (commutateur). — Perry. USAP. 864332, 2 mars 1907 (attache). — Quinby. USAP. 865937 (récepteur). — Roberts. BP. 10218, 1906. — Scribner. USAP. 865536, 10 avril 1905 (sélecteur téléphonique). — — Siemens et Halske. DRP. 187078, et 187904, 28 oct. 1903 et 10 juin 1906; BP. 18716 et 20733, 1906 (téléphones et compteurs de conservations). — Steinberger. USAP. 859702, 1er mai 1906 (support).

ÉCLAIRAGE.

LAMPES A ARC.

Lampe à arc différentielle Bardon, à recul automatique (d'après renseignements des constructeurs). — Par suite du prix élevé de l'énergie électrique dans la plupart des grandes villes, et tout particulièrement à Paris, à l'heure actuelle, le montage des lampes par trois en série sous 110 volts se répand de plus en plus; pour la même raison on tend à substituer aux charbons ordinaires, exclusivement utilisés jusqu'à ces dernières années, des charbons minéralisés donnant des arcs à flamme qui ont un rendement lumineux plus grand que l'arc ordinaire. Or le montage par trois en série, ainsi que l'emploi des charbons à sels métalliques, créent des difficultés particulières lorsqu'on veut assurer un fonctionnement très régulier des lampes, et étant données les exigences de la clientèle européenne qui, avec raison, ne saurait s'accommoder des arcs dansants que l'on rencontre trop souvent aux États-Unis, les constructeurs du Continent ont dû s'ingénier à trouver des dispositifs surmontant ces difficultés.

Ces dispositifs doivent rapprocher les charbons pour compenser leur usure ou pour pallier à une diminution momentanée de la tension aux bornes; les écarter au contraire si cette tension s'accroît ou si la conductibilité de l'arc vient à augmenter temporairement, par suite d'un défaut d'homogénéité des charbons par exemple; il faut, en outre, que ces rapprochements et écarts s'effectuent rapidement et sans toutefois dépasser les quantités nécessaires à chaque instant pour le maintien d'un réglage parfait.

Parmi les dispositifs pouvant réaliser ces conditions, ceux dits *à recul* paraissent les plus satisfaisants. Encore présentent-ils l'inconvénient de donner lieu à un « pompage » plus ou moins accentué si le recul dépasse la limite nécessaire. Ce pompage est dû aux oscillations pendulaires des organes, oscillations qui se trouvent amplifiées par les variations de courant auxquelles elles donnent elles-mêmes naissance et qui finissent par produire de véritables effets de résonance si elles ne sont pas immédiatement étouffées par un amortissement énergique. Toutefois un amortissement puissant ne résoudrait nullement le problème s'il était constant, car il convient que les mouvements d'écartement ou de rapprochement des charbons ne soient nullement gênés tant qu'ils sont de faible amplitude : il faut par conséquent graduer l'amortissement.

Un bon mécanisme de réglage n'est donc pas facile à réaliser, surtout, ainsi que nous le disons plus haut, quand il est destiné à des lampes marchant par trois en tension sur 110 volts et munies de charbons fortement minéralisés. Celui que construit la maison Bardon depuis quelques années et qu'elle a appliqué à de nombreuses lampes montées en série a montré, par une pratique déjà relativement longue, qu'il remplit les conditions que nous venons de rappeler.

Description de la lampe Bardon. — Ce mécanisme est disposé dans une cage indéformable (*fig.* 1), indéformabilité absolument indispensable, comme il est d'ailleurs évident, pour la régularité du fonctionnement. Pour la commodité de la description on peut diviser ses organes en trois groupes : ceux qui permettent le défilage du charbon, ceux qui commandent le réglage et enfin l'amortisseur.

Mouvement de défilage. — Le porte-charbon supérieur a, convenablement lesté, est moteur, son poids tendant constamment à rapprocher les charbons jusqu'au contact. Il est relié à la pièce de guidage b' du porte-charbon inférieur, par une cordelette $a'g'$ passant dans la gorge d'une poulie g calée sur un axe horizontal h. La gorge est moletée de manière que la cordelette ne puisse glisser. Sur l'axe h se trouve également calé un volant V, dont la jante tournée et polie du côté gauche est dentée du côté droit. Ce volant sert de liaison entre le mouvement de défilage et celui de réglage.

L'axe h tourne dans des coussinets WW, en forme de fenêtres disposés de manière à lui permettre un léger déplacement vertical dans le sens f (*fig.* 3). Ce déplacement, ou jeu, est réglé à la construction; il peut atteindre 2mm.

Mécanisme de réglage. — Ce mécanisme a pour objet de faire tourner le volant V dans un sens, pour produire l'écart des charbons et de le laisser tourner de lui-même en sens contraire pour permettre leur rapprochement.

Il se compose d'un axe s reposant par des couteaux cc' sur des V en acier trempé. Un système de contre-butée empêche l'axe s de se déplacer longitudinalement.

L'axe s porte deux secteurs r, r' goupillés sur lui. Dans les gorges de ces secteurs, se placent deux chaînettes p, q supportant des noyaux en fer doux n, o.

Les solénoïdes k, m, respectivement excités par le courant principal et par le courant dérivé, agissent sur les noyaux n, o. Suivant la prédominance d'action d'un des solénoïdes sur l'autre, l'axe s tourne à gauche ou à droite; il est donc soumis à l'action différentielle du courant principal et de la tension aux bornes.

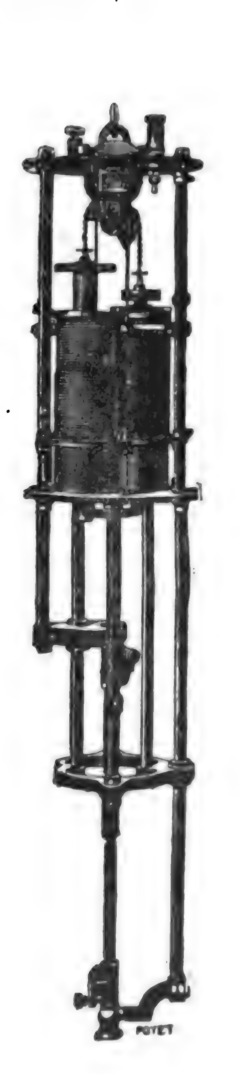
L'amplitude de la rotation de l'axe s est fonction de la quantité x (*fig.* 2) dont peut être aspiré le noyau n du solénoïde à gros fil. La cote x est telle que les pointes des charbons puissent à tout moment être écartées de 15mm environ.

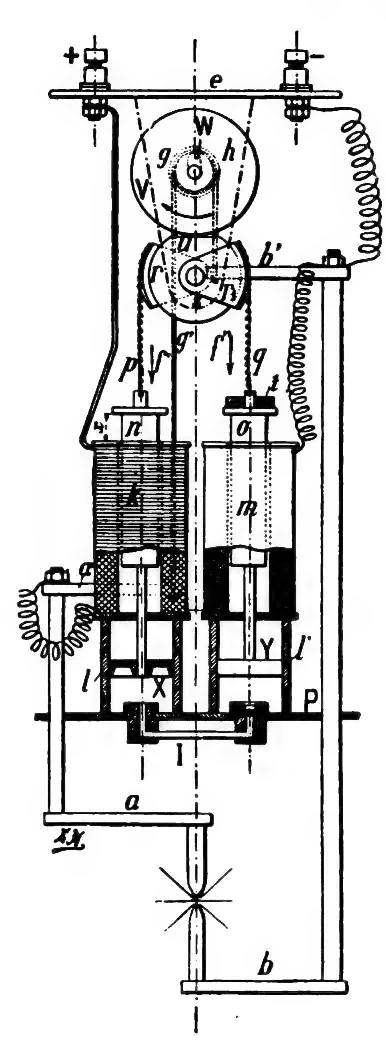
Enfin sur l'axe s est fixé une came u, dont le côté gauche de la jante est tourné et poli; en un point cependant, on a aménagé un méplat à peine visible. Le côté droit de la came est denté sur une partie de la circonférence, la denture pouvant engrener avec celle du volant V.

8...

Amortisseur. — L'amortisseur se compose de deux cylindres en bronze dur *l*, *l'* (*fig.* 4) alésés et polis, ouverts aux deux extrémités et disposés entre la platine inférieure P de la lampe et les joues du bas des solénoïdes *k*, *m*.

Des joints à emboîtements avec garniture en carton d'amiante assurent le centrage et l'étanchéité des cylindres. Les pistons X, Y, à frottements très doux, sont vissés, par leur tige, aux noyaux de fer *n*, *o*; un tube I réunit les cylindres et permet leur libre commu





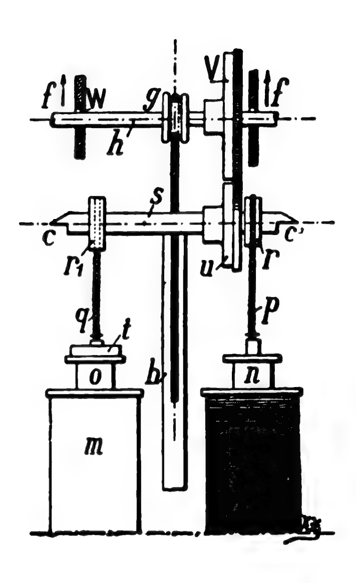


Fig. 1 à 3.

nication ou leur indépendance, suivant que le clapet très léger C, en aluminium, repose comme le montre la figure ou, en s'élevant s'applique sur son siège supérieur, formé par le rebord inférieur de l'écrou D. La levée du clapet C est de 4^{mm}.

L'amortisseur fonctionne de la manière suivante (*fig.* 2 et 4) : lorsque le noyau *o* est abaissé (sens *f'*), sous l'action du courant dérivé ou à défaut par le contrepoids *t* (*fig.* 2), le noyau *n* se relève et les charbons doivent alors se rapprocher sans que l'amortisseur ralentisse le mouvement. Le piston Y descend, le clapet C repose sur sa butée inférieure et les cylindres communiquent librement. L'air refoulé sous le piston Y passe ainsi sans résistance sous le piston X; il n'y a pas d'amortissement. Au contraire, lorsque les charbons doivent s'écarter sous l'influence du solénoïde à gros fil, le noyau *n* descend (sens *f*), le piston X refoule l'air par le tube I et le clapet C, se soulevant, interrompt toute communication entre les cylindres.

L'air se comprime sous le piston X et se raréfie sous le piston Y. Les mouvements des noyaux sont ainsi fortement amortis et finalement l'équilibre des pressions s'effectue apériodiquement par une sortie d'air entre le piston Y et le cylindre *l'*. Grâce à cette action combinée des pistons, l'amortissement au recul est remarquablement puissant. De plus l'obturation du clapet C est

obtenue, sûrement, et sans temps perdu, par le refoulement de l'air, sans qu'il soit utile de faire usage de ressorts antagonistes ou de munir de pistons à soupapes.

Fonctionnement de la lampe Bardon. — Il nous reste à étudier la liaison du mécanisme de défilage à celui du réglage.

Lorsque les parties dentées du volant V et de la came *u* sont en prise (*fig.* 5*c*), ces mécanismes sont solidaires sans glissement possible; sous l'action du noyau *n*, l'écart des charbons se produit donc intégral et bien amorti.

Au début du rapprochement des charbons, le noyau *n*

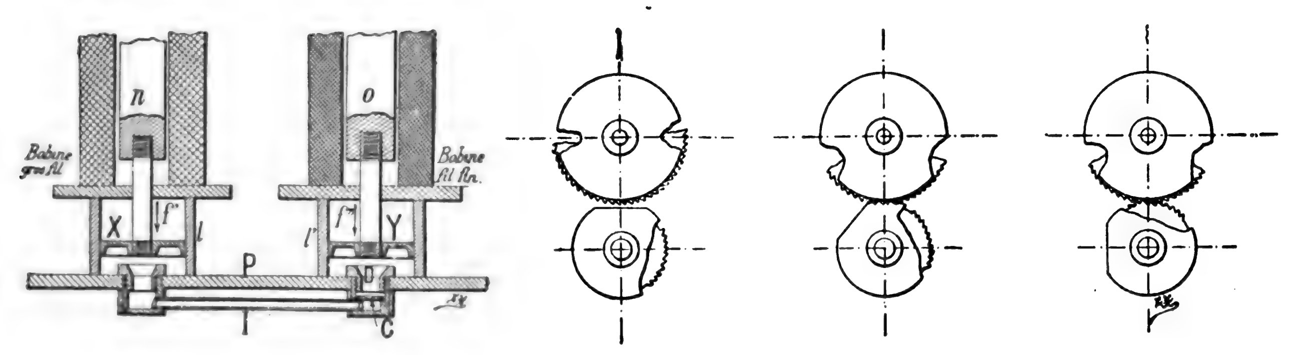


Fig. 4 et 5.

se relève et la partie dentée de la came cesse peu à peu d'engrener avec le volant (*fig.* 5*b*). La rotation de celui-ci est cependant empêchée par le frottement des parties lisses de la came et du volant. Le poids des porte-charbons s'exerce en effet sur l'axe *h* et se reporte sur les jantes polies de *u* et de V. Le rapprochement des charbons se continue ensuite jusqu'au moment où le méplat de la came se présente sous le volant (*fig.* 5*a*). A partir de cet instant, la lampe se trouve à la période du réglage proprement dit : le méplat laisse défiler le volant par petits à-coups imperceptibles, tout comme dans les lampes à frein ordinaire.

Tant que rien ne vient troubler le régime, les noyaux *n*, *o* n'ont que de faibles mouvements non influencés par l'amortisseur; le volant V défile au fur et à mesure de l'usure des charbons.

S'il se produit une baisse de tension sur le réseau, le courant principal diminue, le solénoïde *k* attire moins le noyau *n* et le poids *t* (*fig.* 2) placé sur le noyau *o* entraîne celui-ci dans le sens *f'*. Les charbons se rapprochent aussitôt jusqu'à ce que la balance constituée par les solénoïdes et leurs noyaux ait repris sa position d'équilibre. Supposons qu'il se produise, au contraire, un accroissement de tension du réseau ou une diminution de résistance de l'arc par suite d'un défaut des charbons, immédiatement le noyau *n* est attiré, les parties lisses de *u* et V sont en prise puis, presque aussitôt, les parties dentées. L'écart se produit avec toute la sûreté voulue. Le jeu vertical *f* de l'axe *h* (*fig.* 3) a été prévu pour faciliter la mise en prise des dentures. Si celles-ci ne se présentent pas convenablement, l'axe *h* se soulève et l'engrènement ne peut manquer de se produire comme il faut sans que les dents puissent en souffrir ni se mater.

Cette nouvelle lampe est tout à fait indéréglable. Le réglage est uniquement obtenu, à la construction, en déterminant la masse du contrepoids *t* (*fig.* 2), masse légèrement variable d'une lampe à l'autre.

Détails de construction. — Les noyaux *n*, *o* sont creux pour les alléger; il sont de plus fendus, ainsi que les carcasses des solénoïdes *m*, *k*. On peut ainsi, grâce au démontage rendu très rapide de la bobine à fil fin, disposer en quelques instants la lampe pour courant continu ou pour courant alternatif. Il suffit de remplacer la bobine *m* par une autre d'enroulement approprié à la fréquence du courant alternatif.

Les tiges qui supportent les porte-charbons sont guidées en trois points très éloignés de manière que le jeu obligatoire des guidages ne puisse décentrer les charbons.

Les pièces mobiles sont suspendues par leur centre de gravité. On évite de cette manière les frottements latéraux parasites si la lampe n'est pas suspendue bien verticalement.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à incandescence : *Lampes à filaments* : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. BP. 24236 et 814, 1906 et 1907 (filaments pour lampes). — Bergmann Electricitätswerke A. G. BF. 377634, 10 mai 1907 (procédé de fixage des fils métalliques dans les lampes électriques incandescentes; 378917, 17 juin 1907 (filaments). — Canello. BF. 378641, 8 juin 1907 (machine à calciner les filaments employés dans la fabrication des lampes électriques). — Consortium für Elektrochemie Industrie Gesellschaft. BP. 3938, 1907 (filaments). — Crawshaw et Affleck. BP. 20294, 1906. — Deutsche Gasgluhlicht Act. Ges. BP. 14816 et 18622, 1906 (filaments métalliques pour lampes à incandescence); BF. 379262, 26 juin 1907 (mode de fixation des filaments de wolfram); 379379, 28 juin 1907 (procédé de fabrication de corps incandescents). — Edison. USAP. 865367, 19 mai 1896 lampe électrique fluorescente à tungstate de calcium).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

LA PRODUCTION DE L'ACIDE AZOTIQUE AU MOYEN DE L'AIR (¹).

Bien que la possibilité de combiner l'azote et l'oxygène sous l'influence des étincelles électriques soit connue depuis Cavendish et Priestley, ce n'est qu'à la suite d'un discours présidentiel prononcé en septembre 1898 par Sir William Crookes, au Congrès de Bristol de la British Association for the advancement of sciences, que des essais furent tentés en vue d'arriver, par cette voie, à la fabrication industrielle de l'acide azotique.

I. EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES. — Mes premières expériences datent de 1900. Leur principal objet était la recherche des conditions nécessaires pour la production de petites flammes au moyen d'une bobine d'induction munie d'un interrupteur à turbine. Quoiqu'elles ne durèrent qu'un mois, je recueillis diverses observations intéressantes, parmi lesquelles je mentionnerai les deux suivantes :

1° Le rendement n'est pas modifié lorsqu'on sature l'air de vapeur d'eau en le faisant barboter dans de l'eau chaude;

2° Ce rendement est accru de 20 pour 100 lorsqu'on enrichit l'air d'oxygène de manière à avoir un mélange à volumes égaux d'azote et d'oxygène.

Ces observations donnaient, d'ailleurs, bon espoir d'arriver à une solution technique du problème de la fabrication de l'acide azotique, mais elles montraient aussi que cette solution exigerait de nouvelles recherches.

Je dus, cependant, surseoir pendant un an à leur exécution, mes fonctions d'assistant du professeur Kowalski au laboratoire de Physique de l'Université de Fribourg (Suisse) absorbant tout mon temps pendant cette période.

En 1901, je recommençai mes recherches et je parvins à entretenir une flamme électrique avec un courant alternatif à 3000 volts en employant un dispositif spécial d'allumage. Le courant était fourni par une machine Thury à fréquence élevée (5000 à 6000 périodes par seconde), construite par la Compagnie de l'Industrie Électrique et Mécanique, de Genève. Un transformateur de 1 kilowatt élevait sa tension à 3000 volts. Quant au dispositif d'entretien de la flamme, il est représenté schématiquement par la figure 1 et consiste en une électrode auxiliaire e

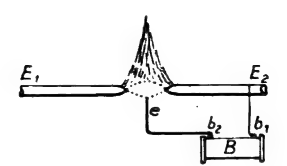


Fig. 1.

placée entre les électrodes principales E_1, E_2; cette électrode auxiliaire était reliée à l'une des bornes d'une bobine d'induction B dont l'autre borne était en relation avec une des électrodes principales; les étincelles jaillissant entre ces deux électrodes empêchaient la flamme de s'éteindre. L'intensité du courant formant la flamme était d'environ 0,15 ampère; la chute de potentiel, dans cette flamme, atteignait 1400 volts environ; en y insufflant environ 400¹ d'air par heure, on arrivait à un rendement moyen de 43g,5 d'acide azotique par kilowatt-heure.

Ces résultats amenèrent le professeur Kowalski à fonder une Société d'études et, en novembre 1901, le Comité d'initiative pour la production des produits azotiques était formé à Fribourg; afin de pouvoir consacrer tout mon temps aux nouvelles recherches, j'abandonnai mes fonctions d'assistant du professeur Kowalski.

Mon premier but fut de chercher à alimenter un grand nombre de flammes par un même générateur de courants haute fréquence, car diverses raisons

(¹) La fixation de l'azote de l'air sous forme d'acide azotique, d'azotates ou de produits ammoniacaux, a donné lieu dans ces derniers temps à de remarquables travaux scientifiques et à des applications industrielles très importantes. Dans un article prochain, actuellement en préparation, les lecteurs de *La Revue électique* trouveront un résumé des nombreuses publications qui ont été faites sur ce sujet.

Aujourd'hui, nous commençons la publication de la traduction d'un manuscrit en langue anglaise que vient de nous adresser M. Moscicki, qui, un des premiers, s'est attaqué au problème de la production de l'acide azotique au moyen de l'air et de l'arc électrique. La partie qui est publiée dans ce numéro est relative aux essais qu'il a effectués de 1900 à 1905 à Fribourg, puis dans une usine expérimentale établie à Vevey. La seconde partie, qui sera publiée dans un prochain numéro, fait connaître les nouveaux dispositifs qu'il essaya, en 1905 et 1906, à Fribourg ainsi que les résultats de ces essais.

Ajoutons que le manuscrit de ce travail a été écrit en août 1906; des raisons diverses, indépendantes de sa volonté, ont empêché M. Moscicki d'en faire plus tôt la publication. Depuis cette époque, M. Moscicki a fait de nouvelles recherches dont il se propose de faire connaître très prochainement les résultats. (*N. de la Réd.*)

m'incitaient à penser qu'un courant de haute fréquence donnerait de meilleurs résultats. De nombreuses expériences me convainquirent bientôt que l'emploi de générateurs à haute fréquence devait être évité, d'une part à cause du prix de revient élevé de ces appareils, d'autre part à cause de la dépense importante d'énergie qui s'y produit. Je fis alors des essais avec des courants continus et parvins, par des interruptions mécaniques dans le four lui-même, à obtenir les effets donnés par la haute fréquence : des électrodes portées par un arbre tournant à l'intérieur du four passaient rapidement devant des électrodes fixes; des bobines de self-induction étaient placées en série avec ces dernières pour éviter les courts-circuits. Mais je ne tardai pas à m'apercevoir que des difficultés très grandes s'opposaient à l'emploi de dispositifs mécaniques d'interruption dans une fabrication industrielle ([1]).

II. Installation primitive de Fribourg. — J'arrive dès lors à la description du premier dispositif que j'étudiai en détail sur une assez grande échelle.

Dans ce dispositif des courants alternatifs à 50000 volts et de fréquence ordinaire étaient, au moyen de condensateurs et de bobines de self-induction, subdivisés en un grand nombre de flammes et en même temps transformés en courants de haute fréquence dans les flammes ([2]). Par suite de la haute tension employée, il n'était plus besoin d'un dispositif spécial pour entretenir les flammes.

Le diagramme des connexions (*fig.* 2) montre que le courant alternatif fourni par les machines génératrices était élevé à la tension de 50000 volts par des transformateurs T. Sur le circuit de chacune des flammes *k* est un condensateur *g* dont le premier rôle est de limiter l'intensité du courant dans chaque flamme; comme il y a plusieurs flammes, chacune avec une capacité, connectées en parallèle, il se produit dans les flammes des décharges oscillatoires de haute fréquence. Afin d'amener cette fréquence à une valeur convenable, soit 6000 à 10000 périodes par seconde, il y a dans le circuit de chaque flamme non seulement un condensateur *g*,

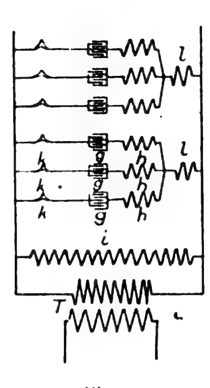


Fig. 2.

mais encore une bobine de self-induction *h*. En choisissant convenablement les valeurs des capacités et des résistances inductives, il était possible de régler non seulement l'intensité du courant dans les flammes, mais encore de faire travailler celles-ci avec une fréquence quelconque et tout à fait indépendante de la fréquence du courant fourni par les générateurs. Toutefois, les essais montrèrent que lorsqu'un très grand nombre de flammes étaient en parallèle il se produisait dans l'appareil des surtensions dangereuses et dans le but de les éviter on diminua le nombre des sections de décharge pouvant s'influencer mutuellement en séparant ces sections en groupes de trois, chaque groupe étant connecté à une grande bobine de self-induction *l*, laquelle, par sa résistance inductive, ferme le passage aux courants oscillatoires et rend les groupes indépendants. De plus, afin de compenser le déphasage produit par les condensateurs, une bobine *i* de grande self-induction était disposée en parallèle avec l'enroulement secondaire du transformateur T, et permettait dès lors de travailler sans courant déwatté dans le transformateur et le générateur.

Comme les condensateurs constituent une partie importante du dispositif et qu'aucun condensateur pratique n'existait alors, je dus tout d'abord étudier la construction d'un tel appareil. Je parvins, non sans difficultés, à résoudre ce problème ([1]) et actuellement une Compagnie construit des condensateurs suivant mes brevets ([2]).

([1]) J'appris un an plus tard que MM. S. Bradley et D. Lavejoy firent aux États-Unis, en même temps que moi ou antérieurement, des essais sur une assez grande échelle basés sur les mêmes principes.

([2]) Ce système est breveté dans tous les pays industriels sous le nom de *Dispositif électrique pour la production des produits azotiques au moyen de décharges électriques dans des mélanges gazeux*. Ces brevets sont ordinairement au nom de la Société, mais dans les pays où les brevets sont délivrés seulement aux inventeurs, ils sont aux noms de Kowalski et Moscicki. Ma collaboration avec le professeur Kowalski doit être entendue en ce sens que l'idée est notre commune propriété, mais que sa mise au point technique est due à moi seul.

Les brevets ultérieurs et tous les travaux faits par le Comité d'initiative pour la production des composés azotiques à Fribourg] sont ma propriété seulement au point de vue intellectuel.

([1]) Pour la description de ces condensateurs, voir *La Revue électrique*, t. II, 30 septembre 1904, p. 178, et pour l'application de cet appareil contre les surtensions des réseaux, t. III, 15 mars 1905, p. 155 et 160. (N. du Trad.)

([2]) C'est la Société générale des Condensateurs électriques, à Fribourg.

Des essais faits à Fribourg, avec une installation de 25 kilowatts, permirent de déterminer les formes et dimensions qu'il convenait de donner aux appareils électriques, et donnèrent lieu aux observations suivantes : 1° l'oxydation de l'oxyde azotique AzO et sa conversion en peroxyde d'azote AzO^2 exige un temps relativement long; 2° il est possible d'absorber des gaz solubles très dilués par un arrangement convenable de tours d'absorption; 3° de l'acide azotique à 60 pour 100, ne contenant pas d'acide azoteux, peut être obtenu en absorbant les gaz avec de l'eau à 60° C.; 4° le rendement est accru de 20 pour 100 par l'addition à l'air de 5 pour 100 d'un mélange tonnant d'oxygène et d'hydrogène.

III. Usine d'essai de Vevey. — En automne 1903 on commença l'installation à Vevey d'une petite usine industrielle de 100 chevaux. Un transformateur de 75 kilowatts élevait à 50 000 volts la tension d'un courant alternatif de 3600 volts et de fréquence 50. Les flammes étaient enfermées dans un four en fer de $1^m,40$ de diamètre et $4^m,20$ de hauteur. Comme commune électrode à toutes les flammes on prenait un cylindre d'aluminium bien isolé suspendu suivant l'axe de la tour. Il était pourvu de pointes, en aluminium également, dirigées radialement et fixées sur des anneaux montés sur le cylindre à des distances choisies de manière que le volume occupé par les flammes soit le plus grand possible. En face de ces pointes, d'autres, semblables et disposées par groupes, étaient fixées aux parois de la tour au moyen d'isolateurs. La longueur des flammes entre électrodes était de 10^{cm}. L'air était envoyé dans la tour par sa partie inférieure, sortait par sa partie supérieure et était envoyé aux tours d'absorption par des tuyaux en terre. L'un des pôles du transformateur était relié à l'électrode centrale, l'autre aux diverses sections de décharge dont les condensateurs et les bobines d'inductance étaient supportés par des étagères en bois disposées autour du four. Chaque section de décharges contenait une bobine de self-induction sans fer enroulée de manière à supporter la tension de 50000 volts; sa self-induction était de 0,12 à 0,15 henry. A la suite de cette bobine se trouvaient 6 condensateurs à haute tension reliés en série; le dernier était directement connecté à l'électrode.

Chaque section de décharge exigeait du transformateur une intensité de courant de 0,05 ampère sous 50000 volts et à la fréquence 50; toutefois il y avait dans la flamme un courant beaucoup plus intense correspondant à la décharge oscillatoire. Chaque flamme consommait seulement environ 500 watts, de sorte que le déphasage était très considérable ($\cos\varphi$ était d'environ 0,2). Pour compenser ce déphasage une grande bobine de self-induction, à refroidissement par l'huile avec circulation d'eau, était placée en parallèle sur le circuit à 50000 volts du transformateur. Cette bobine laissait passer un courant d'environ 7 ampères sous 50000 volts à 50 périodes.

Les bobines de self-induction l (*fig.* 2) employées à Fribourg furent supprimées et remplacées par deux bobines de grande self-induction (*fig.* 3) respectivement reliées aux bornes du transformateur T;

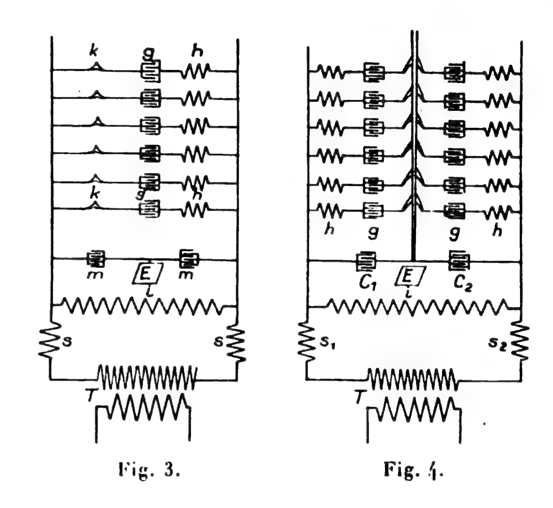


Fig. 3. Fig. 4.

les groupes de circuits de décharge étaient alors réduits à un seul. Ces modifications ne permirent toutefois d'éviter les surtensions excessives qu'à la condition de relier l à la terre E, par l'intermédiaire de condensateurs m, d'une part l'électrode commune, d'autre part les autres électrodes des circuits de décharge. Afin de rendre plus efficaces les bobines de self-induction s et de diminuer les pertes résultant de leur emploi, ces bobines étaient connectées entre le transformateur T et la bobine de self-induction i, car le déphasage était déjà compensé par celle-ci; l'intensité du courant traversant ces bobines était seulement de 1,5 ampère, la self-induction de chacune était de 10 henrys. J'ajoute que, malgré le grand déphasage dû aux condensateurs et bien que l'énergie fût consommée dans les flammes sous forme de courants oscillatoires de fréquence 5000 à 10000, il était possible d'obtenir, au moyen de la bobine i, une compensation complète du déphasage jusqu'à atteindre une valeur de $\cos\varphi$ égale à 1.

Je crois devoir mentionner un dispositif indispensable pour allumer toutes les flammes ensemble dans les conditions qui viennent d'être indiquées. En effet, lorsqu'on lançait le courant dans l'appareil en fermant le circuit primaire, les flammes ne s'allumaient pas et l'intensité du courant augmentait jusqu'à ce que les fusibles fondent et coupent le courant. L'explication de ce phénomène me paraît

être la suivante : avant que la flamme ne prenne naissance, il y a une courte période d'ionisation durant laquelle le passage d'un très intense courant dans la bobine de self-induction ne peut être empêché par les condensateurs des sections de décharge de sorte que la tension tombe au-dessous de celle qui est nécessaire pour amorcer la flamme. Cette explication indique en même temps le remède : mettre la bobine de self-induction en circuit par la formation d'un arc, puisque alors le passage du courant à travers cette bobine se trouvera retardé précisément jusqu'au moment où les flammes jailliront dans le four. Ce remède a donné entière satisfaction ; l'arc servant à la mise en circuit de la bobine *i* était court-circuité automatiquement et immédiatement après l'allumage des flammes au moyen d'un interrupteur métallique.

L'installation de Vevey fut soumise à de nombreux essais, jusqu'à ce qu'il fût prouvé que son fonctionnement n'était pas à la merci d'une défectuosité matérielle ou d'une maladresse d'un ouvrier. Ce point était de très haute importance, car l'installation devait fonctionner d'une manière continue sous très haute tension (50000 volts), et sans un parfait isolement les appareils pouvaient être détruits.

Lorsque l'installation était en fonctionnement plusieurs heures sans aucune perturbation, on s'assurait s'il pouvait, dans les mêmes conditions, soutenir une marche continue pendant une longue période. On reconnut ainsi que la méthode employée ne constituait pas la solution la plus parfaite du problème : presque journellement il se produisait des surtensions, peu fréquentes il est vrai, atteignant 150000 volts. Ces surtensions se manifestaient le plus souvent quand deux sections de décharge se trouvaient connectées en parallèle par une flamme et aussi quand, pour les besoins des essais, l'énergie consommée dans chaque flamme était doublée.

Pour arriver à réaliser les conditions convenant à une marche industrielle continue, on apporta à l'installation les quelques modifications indiquées ci-dessous et l'on put alors fonctionner d'une façon tout à fait satisfaisante : ni les variations d'énergie consommée dans chaque flamme, ni l'augmentation du nombre de flammes ne produisait de perturbations. La figure 4 donne le schéma de l'installation modifiée. La tension du courant alternatif de fréquence 50 est élevée à 50000 volts au moyen du transformateur T, auquel sont connectées les deux bobines de self-induction s_1 et s_2 qui empêchent le retour des courants oscillatoires dans le transformateur. A ces bobines est reliée la bobine *i* de grande self-induction compensant le déphasage. Les deux conducteurs des sections de décharge sont reliés au sol par l'intermédiaire des deux batteries de condensateurs C_1 et C_2. Ces sections de décharge sont divisées en deux groupes reliés en série : chaque groupe est relié d'une part à l'un des deux conducteurs et, d'autre part, directement à la terre. De cette façon la tension se trouve distribuée sur deux sections de décharge dont le milieu est relié au sol, et il suffit de prévoir pour l'installation un isolement correspondant à une tension de 25000 volts par rapport à la terre.

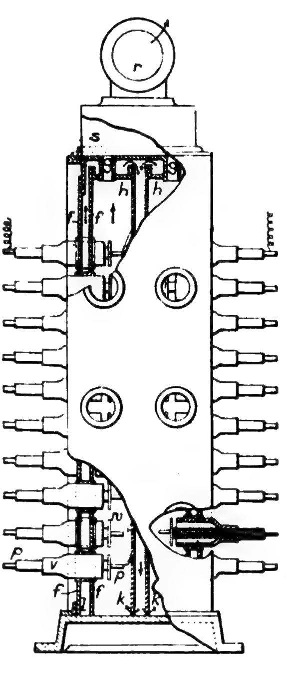


Fig. 5.

Un nouveau four ayant dû être construit, non seulement je le disposai de manière à pouvoir appliquer commodément le montage de la figure 4, mais encore je le munis de dispositifs destinés à assurer le chauffage des gaz avant leur passage à travers les flammes. La figure 5, qui représente ce four, montre que l'air entrait par un certain nombre d'ouvertures *l* percées à la base du four, montait dans l'espace annulaire séparant les parois *f* et *f* du four, redescendait dans l'espace limité par les parois *h*, *h* de l'électrode centrale et enfin pénétrait à l'intérieur du four par les ouvertures *k*, *k*. Après avoir traversé les flammes les gaz s'échappaient par *g*, se répandaient dans un récipient *s* surmontant le four et étaient conduits aux tours d'absorption par une tuyauterie en grès T. Les flammes jaillissaient entre les parois *h*, *h* du diaphragme interne et les électrodes d'aluminium *p*, *p* fixées aux isolateurs *r* qui

traversent les parois externes du four; des disques de mica *w* protégeaient ces isolateurs contre le rayonnement calorifique des flammes. Quelques fenêtres fermées par des plaques de mica étaient percées dans les parois du four pour permettre d'observer les flammes. L'électrode interne était en communication métallique avec les parois du four, dont l'entière masse métallique était électriquement reliée au sol. Chacune des parois latérales du four livrait passage à 90 électrodes disposées en 10 rangées horizontales. L'intensité du courant dans chaque flamme était double de ce qu'elle était dans le four antérieur, bien que la tension relative à chaque flamme fût réduite de moitié, soit 25000 volts. La distance entre les électrodes individuelles et l'électrode commune était de $3^{cm},75$. Le circuit de chaque flamme contenait une bobine ayant une capacité de 0,01 microfarad et une self-induction de 0,03 henry. Dans tous les essais qui furent faits, ce four fonctionna sans la plus légère perturbation.

Je passe maintenant à la description de la partie de l'installation destinée à l'absorption des composés azotiques, qui n'était d'ailleurs que la copie sur une plus grande échelle et avec quelques modifications de ce qui avait été fait à Fribourg [1].

Les gaz venant du four traversaient successivement six tours d'absorption. Les deux premières A, A_1 (*fig.* 6) étaient remplies de boulettes poreuses en grès inattaquable par les acides; les deux suivantes B, B_1 étaient du système Lunge; deux autres C, C_1 achevaient l'absorption. La circulation du gaz était assurée par un ventilateur D en grès, qui aspirait les gaz du four à travers la première tour et les refoulait dans les suivantes.

Les quatre premières tours avaient un réservoir collecteur commun avec monte-jus F élevant le liquide dans deux réservoirs de distribution en communication l'un avec l'autre. L'écoulement du liquide dans chacune des tours était réglé par un robinet séparé. La cinquième tour avait un réservoir propre avec monte-jus F_1 refoulant le liquide dans un réservoir E d'une capacité de 600^l. Généralement le liquide de ce réservoir revenait dans la cinquième tour, mais un système de conduites permettait de faire passer le contenu du réservoir E dans les deux réservoirs de 320^l des quatre premières tours, afin d'obtenir une concentration plus élevée; c'est ce que l'on faisait de temps en temps. La sixième tour était munie d'un collecteur séparé, d'un monte-jus F_2 et d'un réservoir de distribution. Tous les monte-jus fonctionnaient automatiquement et étaient mis en opération par un compresseur d'air.

Les gaz sortant du four et ayant déjà abandonné une partie de leur chaleur pénétraient directement dans la première tour. Celle-ci était entourée d'une enveloppe calorifuge et recevait une quantité d'eau réglée de manière que le liquide rassemblé au fond fût à environ 50° C.

A cette température, les gaz, qui renferment un grand excès d'air, donnent une solution ne contenant que de l'acide azotique; l'acide azoteux est décomposé et l'oxyde azotique résultant de cette décomposition est transformé par l'air en peroxyde d'azote. Ce peroxyde d'azote, ainsi que celui n'ayant pas été absorbé dans la première tour, est conduit dans les autres tours qui sont alimentées d'eau froide et où il est absorbé sous forme d'acide azotique ou d'acide azoteux.

Pour refroidir et humidifier les gaz chauds sortant de la première tour, ces gaz étaient mis en contact intime avec de fines gouttelettes du liquide absorbant pulvérisé dans un appareil spécial H, placé, sur la recommandation du Dr Plath, entre la première tour et le ventilateur. Les trois tours suivantes sont arrosées avec le même liquide absorbant que la première, mais les gouttelettes dans ces tours où le liquide est froid sont un peu plus grosses que dans la première où il est chaud. La plus grande partie de l'oxyde azotique est absorbée dans ces quatre tours.

La quantité de liquide coulant dans la cinquième tour est aussi grande que celle qui coule dans l'ensemble des quatre premières. La concentration de l'acide est dès lors beaucoup plus faible, mais l'absorption des traces d'oxyde azotique restant dans les gaz est plus énergique.

Tant que la concentration du liquide des quatre premières tours est insuffisante, le liquide s'écoulant de la première est ramené dans le réservoir commun. Le liquide absorbant se trouve donc partiellement réchauffé d'une manière continue, de sorte que sa teneur en acide azoteux diminue constamment jusqu'à devenir négligeable, tandis qu'au contraire sa teneur en acide azotique va en croissant. Quand la concentration approche du point désiré on ferme la communication avec le réservoir commun et l'on vide la tour par un robinet spécial. L'acide obtenu ne renferme aucune trace d'acide azoteux.

Lorsque la plus grande partie de l'acide concentré utilisé pour alimenter les quatre premières tours se trouve ainsi retirée de la circulation, du liquide moins concentré provenant de la cinquième tour est amené dans le réservoir commun des quatre premières et une quantité d'eau équivalente est projetée dans la cinquième tour.

Afin d'arrêter les dernières traces d'oxyde azo-

[1] Tous les appareils spéciaux en grès furent fournis par la Vereinigte Tonwaarenwerke, de Charlottenbourg.



tique on faisait passer les gaz dans une sixième tour arrosée avec une solution de soude. On produisait ainsi de l'azotite de sodium $NaAzO^2$ que l'on recueillait de temps en temps par évaporation de l'eau. Enfin les gaz traversaient une septième tour G de plus petites dimensions, remplie de boulettes poreuses ayant pour but de retenir les particules de solution de soude entraînées. Ils s'échappaient ensuite dans l'atmosphère.

Il me faut maintenant indiquer les raisons qui me conduisirent à abandonner le système essayé à Vevey.

En première ligne est le coût élevé d'une installation de ce genre. Pour le diminuer, j'essayai d'augmenter l'énergie consommée dans chaque flamme, ce qui eût permis de diminuer le nombre des flammes. Mais l'expérience montra que, quand l'énergie des flammes est accrue, le rendement diminue. En outre le déphasage augmente et il en résulte une dépense additionnelle d'énergie pour compenser le déphasage.

En second lieu, les travaux scientifiques de Muthman et Hofer (¹) puis ceux de Nernst (²) ayant montré que l'oxydation de l'azote de l'air est uniquement due à l'action de la chaleur, il n'y avait aucune raison pour continuer à faire usage de courants de haute fréquence.

Enfin j'appris, par la traduction d'une Communication de Sigfried Edström au Congrès de Saint-Louis de 1904, que MM. Birkeland et Eyde étaient parvenus à un rendement de 900^{kg} d'acide azotique par kilowatt-an. Ce rendement, que je n'avais aucune raison alors de supposer inexact, bien qu'il eût été démontré plus tard qu'il était fortement exagéré, était beaucoup supérieur à celui que j'obtenais à Vevey, de sorte qu'il y avait là une troisième raison pour modifier la voie suivie.

(*A suivre.*) I. MOSCICKI.

(¹) *Chem. Berichte*, 1903, n° 36, p. 438-453.

(²) *Gött. Nachrichten*, 1904, n° 4.

DIVERS.

Procédé Kuntze pour la galvanoplastie des objets en céramique. — Ordinairement, pour rendre conductrice la surface des objets métalliques, on l'enduit d'une matière visqueuse, puis d'une couche de graphite ou de poudre métallique. Souvent il arrive que les grains de graphite ou de métal se détachent lorsque l'objet est plongé dans le bain galvanoplastique.

Pour éviter cet inconvénient la maison G. Kuntze, de Süssen (Wurtemberg) forme la couche conductrice de la manière suivante : un peu avant la fin de la cuisson, on introduit de la fumée dans le four et on laisse refroidir les pièces dans cette atmosphère enfumée. Il se forme ainsi à la surface des pièces une couche de carbone bien adhérente et bonne conductrice de l'électricité. Il suffit de frotter avec une brosse métallique avant de porter au bain galvanoplastique. Si certaines parties de la pièce ne doivent pas recevoir de dépôt, on les recouvre d'un vernis isolant.

Fixation de l'azote atmosphérique. C.-P. STEINMETZ (Brevet américain 865618, déposé le 20 avril 1907, délivré le 10 septembre 1907). — L'air est soumis à l'action d'un arc électrique de volume aussi petit et de longueur aussi grande que possible. L'arc, fourni par un courant continu, est poussé latéralement par un champ magnétique comme dans le procédé Birkeland-Eyde. Mais, contrairement à ce qui a lieu dans ce dernier procédé, il n'est pas rompu : il est seulement allongé jusqu'à la limite au delà de laquelle il s'éteindrait. En outre, il est mis en rotation par l'action d'un champ magnétique, cette rotation ayant un double but : étendre le champ d'action de l'arc sur les gaz et réduire le temps pendant lequel cette action se produit dans une même région. Un champ magnétique tournant engendré par des courants polyphasés provoque cette rotation.

Fabrication électrolytique de l'acide glycolique. O. LIEBKNECHT (Brevet américain 837083, déposé le 27 novembre 1906, délivré le 14 juin 1907). — Une solution d'acide oxalique dans l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique est réduite électrolytiquement avec un bon rendement lorsqu'on prend des électrodes ayant une surtension cathodique considérable (telles que les électrodes en plomb) et qu'on sépare par un diaphragme les liqueurs cathodiques et anodiques. L'inventeur indique la composition suivante pour le bain cathodique : 700 parties d'acide oxalique cristallisé, dissoutes dans 3300 parties d'eau, et addition de 1100 parties d'acide sulfurique à 30 pour 100. La liqueur anodique est formée d'acide sulfurique à 30 pour 100. La densité du courant peut varier de 25 à 250 ampères par mètre carré de cathode. Il y a avantage à maintenir chaude la solution cathodique. Le liquide cathodique est, après électrolyse, débarrassé de l'acide sulfurique et de l'acide oxalique restant, d'abord par la chaux, puis par le carbonate de baryte. On peut remplacer l'acide sulfurique par l'acide chlorhydrique : dans ce cas, il suffit de chauffer le liquide cathodique électrolysé pour se débarrasser de l'acide chlorhydrique et avoir l'acide glycolique.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils divers. — GREENFIELD. BP. 16870, 1906 (anodes pour électrolyses). — HEMPTINNE. BP. 13023, 1906 (oxydation des liquides par des décharges électriques). — KOCH. USAP. 859178, 5 sept. 1902 (traitement des liquides par l'électricité). — LAFOND. BF. 375589, 11 mars 1907 (tonneau électrolytique). — LASH. USAP. 856351, 13 oct. 1905 (réduction des oxydes). — MARSHALL. USAP. 850944, 18 oct. 1906 (électro-déposition); BF. 376796, 16 avril 1907 (électrolyte pour la galvanoplastie). — MERCADIER. BF. 376267, 30 mars 1907 (oxydation des liquides par l'effluve électrique).

BIBLIOGRAPHIE [1].

Traité complet d'analyse chimique appliquée aux essais industriels, par J. POST, professeur honoraire à l'Université de Gœttingue, et B. NEUMANN, professeur à la Technische Hochschule de Darmstadt. Deuxième édition française entièrement refondue, traduite d'après la troisième édition allemande et augmentée de nombreuses additions, par le Dr L. Gautier. Tome I, premier fascicule : *Eau et eaux résiduaires, Combustibles, Pyrométrie, Gaz des fumées, Gaz de chauffage, Gaz des moteurs, Gaz des mines.* Un vol. format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 220 p., 104 fig. A. Hermann, éditeur, 6, rue de la Sorbonne. Prix : broché, 6^{fr},50.

Cet important Traité comprendra deux Volumes de quatre fascicules chacun. Les trois premiers fascicules du premier Volume sont particulièrement intéressants pour les constructeurs électriciens ou mécaniciens et les exploitants d'usines à vapeur ou à gaz.

Le fascicule I, le seul paru actuellement, est divisé en quatre parties : l'une, écrite par M. Th. Vogel, s'occupe des méthodes d'analyses des eaux d'alimentation des chaudières et des eaux résiduaires des diverses industries; la suivante, signée du Dr H. Langbein, est consacrée à la recherche de la composition et du pouvoir calorifique des combustibles solides; la troisième expose les méthodes employées pour la détermination de la température des fours et des foyers; enfin, la dernière, due comme la précédente à M. B. Neumann, étudie les procédés utilisés pour obtenir la composition des divers gaz. Les noms des auteurs, que l'on rencontre fréquemment dans les journaux électrotechniques, sont suffisamment connus des électriciens pour que ceux-ci soient assurés que l'Ouvrage, quoique n'ayant pas été écrit spécialement à leur intention, renferme tous les renseignements qu'ils peuvent désirer sur les essais des matières concourant à l'alimentation des usines électriques.

Éléments de Mécanique et d'Électricité, par R. de Valbreuze et Ch. Laville, ingénieurs. Un vol. format $18^{cm} \times 12^{cm}$, 385 p., 122 fig., de la *Bibliothèque du Chauffeur*. H Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : reliure en cuir souple, 7^{fr}.

Depuis quelques années, le développement rapide de l'emploi des véhicules automoteurs et leurs applications de plus en plus étendues ont amené un grand nombre de personnes à s'occuper de questions ignorées d'eux jusqu'alors.

C'est pour apporter un peu d'ordre et de netteté dans l'étude des sujets se rattachant à la Mécanique générale et à l'automobile en particulier que les auteurs ont entrepris d'écrire ce petit Traité. Afin qu'il soit à la portée de tous, ils en ont rendu la forme aussi élémentaire que possible, s'efforçant de ne jamais parler d'une chose sans l'avoir au préalable définie ou démontrée. Les lecteurs ne devront pas y chercher de détails particuliers d'exécution, car on s'est limité exclusivement aux idées générales et aux principes et phénomènes généraux : ce Livre n'est, en effet, ni un Manuel spécial d'automobile, ni une œuvre de caractère encyclopédique; il se borne à être un Traité tout à fait général dont la connaissance permettra la lecture facile des Ouvrages particuliers ou spéciaux.

Les Accumulateurs électriques. Théorie, technique, descriptions, applications, par L. JUMAU, ingénieur électricien, lauréat de l'Institut. Seconde édition. Un vol. format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 1090 p., 680 fig. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : relié, 31 fr.

Lors de la publication de la première édition de cet important Ouvrage, nous avons dit à nos lecteurs tout le bien que nous en pensions. Ce n'est pas un Ouvrage de vulgarisation destiné à donner un aperçu sur les diverses parties d'un sujet trop vaste; c'est au contraire un Ouvrage documentaire, fournissant sur une région relativement restreinte du domaine de l'Électricité les renseignements les plus complets et les plus récents. Il ne s'adresse pas au grand public, mais aux spécialistes qui y trouveront, en même temps que des données générales savamment ordonnées, des documents très circonstanciés qui, pour être connus, exigent une lecture assidue des divers périodiques, tant français qu'étrangers, s'occupant de la question des accumulateurs.

La nouvelle édition se distingue de la précédente par l'addition d'un Complément d'environ 150 pages, indiquant les progrès effectués dans la fabrication et l'utilisation des accumulateurs dans ces trois dernières années. Pour permettre au lecteur de s'y retrouver commodément, l'auteur a conservé dans ce Complément la classification qu'il avait adoptée dans le corps principal de l'Ouvrage. Toutefois, en raison de l'importance qu'a prise dans ces dernières années, à la suite des travaux de Jungner et d'Édison, l'accumulateur alcalin fer-nickel, il a cru devoir consacrer une rubrique spéciale à l'étude de cet accumulateur.

Ainsi mis au point, le travail de M. Jumau restera, au moins pendant plusieurs années, l'Ouvrage en quelque sorte classique où puiseront ceux qui s'occupent spécialement des accumulateurs. J. B.

[1] Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

EXPOSITIONS ET CONCOURS.

Exposition décennale de l'Automobile, du Cycle et des Sports (novembre 1907). — L'Exposition décennale de l'Automobile, du Cycle et des Sports, qui aura lieu, du 12 novembre au 1er décembre 1907, au Grand Palais des Champs-Élysées et annexes, organisée sur les mêmes bases que précédemment, aura une importance exceptionnelle et, à cette occasion, plusieurs concours et congrès viennent d'être organisés par les soins de l'Automobile-Club de France. Ce sont :

1° *Concours de groupes électrogènes à moteurs à gaz pauvre.* — Ce concours international aura lieu dans l'enceinte de l'Exposition, et pourront seuls y participer les exposants du groupement complet : gazogène-moteur-dynamo. Le jury basera ses décisions sur la dépense en combustible rapportée au kilowatt-heure. Ce combustible sera le même pour tous les concurrents (grains d'anthracite anglais 15/25) et leur sera délivré à leurs frais par la Commission exécutive.

Les groupes seront divisés en trois catégories qui auront chacune leur classement : groupes inférieurs à 15 kilowatts, compris entre 15 et 50 kilowatts, supérieurs à 50 kilowatts.

Les essais dureront du lundi 18 au mercredi 27 novembre inclus. Les moteurs devront marcher chaque jour pendant 6 heures, dont 3 à demi-charge et 3 à pleine charge.

2° *Congrès des applications de l'alcool dénaturé.* Ce Congrès sera divisé en deux groupes et limitera ses discussions aux questions suivantes :

Sections techniques. — Applications de l'alcool à l'automobile; applications industrielles, agricoles et commerciales (autres que l'automobile); éclairage et chauffage; fabrication, dénaturation, carburation.

Sections économiques. — Production, consommation; applications, dépôts, vulgarisation; législation, douanes, statistiques; utilisation de l'alcool dénaturé aux services de la Guerre et de la Marine.

3° *Concours de catalogues commerciaux illustrés.* — Les catalogues illustrés se distinguant par leur cachet artistique et présentés en triple exemplaire avant le 1er novembre par les exposants seront examinés par un jury qui décernera, dans chaque classe, des récompenses honorifiques.

4° *Fête de l'élégance automobile.* — Cette fête, dont les détails ne sont pas encore fixés, comportera un défilé d'automobiles de luxe auxquelles seront attribués des prix et des médailles.

Exposition internationale des applications de l'Électricité (Marseille, 1908). — Cette Exposition, qui se tiendra dans le superbe parc du Prado, d'une surface de 25ha, sera ouverte le 19 avril 1908 (jour de Pâques) et sera clôturée le 31 octobre.

Elle comprendra les groupes principaux suivants, dont chacun sera subdivisé en un certain nombre de classes :

1° Transport et distribution de l'énergie électrique.
2° Applications de la force motrice électrique à l'industrie en général.
3° Applications de l'énergie électrique à l'industrie domestique.
4° Applications aux usages domestiques.
5° Éclairage public et éclairage privé.
6° Chauffage et ventilation.
7° Applications aux appareils de levage et de manutention.
8° Applications aux mines et carrières.
9° Applications à la traction.
10° Applications à l'agriculture.
11° Applications à l'art militaire et au Génie maritime.
12° Électrochimie, électrométallurgie et industries qui s'y rattachent.
13° Télégraphie et Téléphonie.
14° Électricité médicale.
15° Instruments de mesure et de contrôle.
16° Matières premières et produits utilisés par l'industrie électrique.
17° Enseignement de l'Électricité.

Vu le but spécial assigné à l'Exposition (démonstration de toutes les *applications* de l'Électricité), elle ne comprend pas de groupe pour la *production de l'énergie électrique*, mais les constructeurs pourront exposer des plans, photographies, maquettes ou modèles des machines de leur fabrication ou des usines génératrices exécutés par leurs soins. D'ailleurs, l'Exposition disposera de l'énergie nécessaire pour le fonctionnement des appareils exposés, sous forme de courants continus, alternatifs et triphasés de différentes tensions.

La circulaire qui nous est adressée ajoute :

En raison de la situation toute spéciale de la région du Midi, au point de vue de l'importance des débouchés ouverts à l'industrie électrique en ce moment et pour une période prolongée, il est permis d'escompter pour tous les exposants une publicité très efficace et immédiatement rémunératrice.

Les sections 7, 8, 9 et 10 présenteront un intérêt particulier pour les constructeurs spécialisés sur les objets qui s'y rattachent.

En effet, les appareils de levage et de manutention à commande électrique sont susceptibles de recevoir de très nombreuses applications sur les quais et dans les docks, entrepôts ou magasins de Marseille et des autres ports de la région où le besoin de remplacer la main-d'œuvre par un outillage mécanique se fait de plus en plus sentir.

Les applications aux mines et carrières sont également susceptibles d'un grand développement dans une région qui comporte plusieurs bassins miniers et de très nombreuses et importantes exploitations de bauxites.



Quant à la section de la Traction électrique, l'Administration de l'Exposition compte lui donner une ampleur particulière, justifiée dans l'espèce par le fait que Marseille, berceau de la traction électrique en France, possède aujourd'hui un réseau de tramways de 150^{km} d'étendue dont les installations modernes seront visitées avec intérêt par les spécialistes, en même temps que le matériel figurant à l'Exposition.

Les applications à l'agriculture également ne manqueront pas d'exercer un puissant attrait sur les populations rurales du Midi, et l'Administration de l'Exposition croit devoir attirer tout particulièrement l'attention des constructeurs sur les besoins spéciaux qui se manifestent dans la région au point de vue des irrigations. Des étendues de terrain immenses échappent encore à la culture par le seul fait de l'absence d'eau, et il y a place pour des milliers de pompes électriques qui trouveront facilement à s'alimenter dans les nappes souterraines relativement abondantes des terrains d'alluvion des bassins du Rhône et de la Durance.

Enfin, Marseille, en raison de ses relations constantes avec les colonies, reçoit tous les ans de nombreux visiteurs des pays d'outre-mer, et l'Exposition internationale d'Électricité contribuera sans doute dans une large mesure à l'expansion, au profit des constructeurs, des débouchés de l'industrie électrique dans les colonies.

Le Règlement général de l'Exposition et celui relatif à la fourniture d'énergie seront adressés à toute personne qui en fera la demande : à Marseille, au Commissariat général, boulevard Louis-Salvator, 52 ; à Paris, au Secrétariat général, boulevard Haussmann, 63.

Concours de petits moteurs à gaz pour usages domestiques. — La Société technique de l'Industrie du gaz en France ouvre un concours de petits moteurs au gaz d'éclairage pour usages domestiques, c'est-à-dire de dimensions réduites, analogues aux moteurs d'automobiles.

Les appareils présentés devront avoir la consécration de la pratique. Avec leur lettre de demande de participation au concours, les candidats devront remettre : 1° une note accompagnée de dessins sur l'appareil présenté; 2° une liste de références indiquant où et depuis combien de temps l'appareil fonctionne; 3° une copie authentique du brevet pris par l'inventeur; 4° une note sur les conditions dans lesquelles les appareils pourront être examinés.

Tous les lauréats reçoivent une récompense honorifique et un diplôme qui, suivant décision du Comité, peuvent être accompagnés d'un prix en espèces.

Les délais de présentation sont fixés au 1er janvier 1908.

ACCIDENTS.

Statistique des accidents dus au courant électrique, en Suisse, en 1906. — D'après cette statistique, dressée par l'Association suisse des électriciens, le nombre des accidents causant des dégâts matériels a été de 8 et celui des accidents de personnes a été de 34, faisant 36 victimes dont 19 furent tuées immédiatement ou moururent de leurs blessures.

La comparaison avec les années précédentes 1904 et 1905 ne peut être faite pour les dégâts matériels, car, cette année, en raison d'une décision de la Commission de surveillance des institutions de contrôle, on n'a enregistré que les dommages causés par les installations électriques et non ceux dont les installations ont souffert, comme on le faisait auparavant.

Pour les accidents de personnes, la comparaison donne

	1904.	1905.	1906.
Nombre d'accidents.....	36	29	34
Nombre de victimes.....	36	30	35

On voit que le nombre des accidents de 1906 est supérieur à celui de 1905, mais inférieur à celui de 1904, malgré l'augmentation et l'extension considérable des installations électriques pendant ces dernières années. Le rapport présenté à l'Association suisse des électriciens, sur les causes de ces accidents, montre que beaucoup d'accidents de personnes pourraient être évités par une plus stricte observation des règlements et qu'un meilleur fonctionnement des limiteurs de tension diminuerait notablement le nombre des accidents causant des dégâts matériels. Ce rapport donne, d'ailleurs, plusieurs exemples intéressants venant à l'appui de ces conclusions; en voici quelques extraits :

Accidents de personnes. — Les 35 victimes se répartissent de la manière suivante par rapport à leur position vis-à-vis des entreprises électriques respectives :

Personnel d'exploitation proprement dit....................	8 (1905 : 7)
Personnel des entreprises étranger à l'exploitation...........	16 (1905 : 16)
Des tiers......................	10 (1905 : 7)

La plupart des victimes en 1906 se recrutent de nouveau, comme les années précédentes, parmi le *personnel des monteurs*. Bien que ce fait s'explique en quelque sorte par l'occupation même des victimes, il y a pourtant de nouveau à observer qu'une grande partie des accidents sont dus à l'insouciance du personnel et qu'ils auraient pu être évités, si toutes les instructions avaient été strictement observées, et si l'on avait pris les mesures de précaution s'imposant à tout homme du métier plus ou moins instruit. Le *personnel d'exploitation* figure également assez souvent dans les accidents dus à la propre faute de la victime. C'est bien dans cette catégorie qu'il faut mentionner les 10 accidents qui ont eu lieu lors de travaux dans les stations de transformation ou de distribution à haute tension non déclenchées, et un accident sur une ligne à haute tension également non déclenchée.

Dans un cas, un monteur avait travaillé le samedi et le dimanche dans une station de transformation qu'on avait détachée du réseau en enlevant les connexions sur la tourelle de distribution. Ayant terminé son travail plus tôt qu'il n'avait pensé, il voulut refaire les ligatures sur la tourelle, supposant que la ligne n'était pas sous tension le dimanche et malgré que ce n'était pas son devoir et qu'il savait qu'un autre monteur était chargé de ce travail. La conduite était sous courant et le monteur fut tué aussitôt qu'il toucha les fils.

Dans un autre cas, un monteur voulut commencer à vernir les ferrures dans une station de transformation avant l'heure qui avait été fixée pour l'interruption du courant. En glissant, il toucha les conduites à haute tension avec sa figure, ce qui occasionna sa mort.

Dans un troisième cas, un gardien d'une station transformatrice était occupé à enlever des toiles d'araignée entre les conduites à haute tension. Il entra en contact avec un des fils et fut foudroyé.

On ne saurait donc assez répéter la nécessité de rendre le personnel d'exploitation et les monteurs toujours de nouveau attentifs au danger, et d'exiger de leur part toutes les mesures de précaution. Il faudra surtout interdire rigoureusement tout travail aux installations à haute tension sous courant, et insister qu'on mette en court-circuit et à la terre les installations à haute tension toutes les fois que les circonstances le permettent, avant d'y entreprendre des travaux.

Il est important de prendre toutes les mesures de précaution, lors même que tout danger pour les ouvriers paraîtrait exclu. Le cas suivant en démontre la nécessité :

Un monteur avait travaillé entre midi et 1h dans une station de transformation qu'il avait déclenchée lui-même. A 1h, un aide-monteur enclencha par erreur la station, malgré un ordre contraire qui avait été donné. Le monteur qui n'avait pas encore terminé son travail fut foudroyé.

Le nombre des accidents où des *personnes étrangères à l'entreprise* ont été victimes a augmenté et les 44 pour 100 de ces cas concernent des *ouvriers du bâtiment*.

En partie, ces accidents peuvent être attribués à un avertissement insuffisant sur le danger des conduites électriques, mais, d'autre part, il arrive assez fréquemment que les ouvriers du bâtiment ne tiennent pas compte de ces avertissements, comme le prouve le cas suivant :

Un menuisier, travaillant sur un échafaudage, toucha un fil d'une conduite à basse tension à 220 volts pour prouver à ses camarades que cela pouvait se faire sans danger. En suite de la commotion qu'il ressentit, il risqua de tomber de l'échafaudage et saisit instinctivement encore l'autre fil de la conduite électrique. Il fut tué par le courant qui traversa son corps. Les conduites étaient protégées par des planches contre un contact accidentel.

Le cas suivant doit, par contre, être attribué à un avertissement insuffisant :

Un manœuvre d'un entrepreneur de bâtiments avait reçu l'ordre d'encaisser une conduite à basse tension sous courant, pour empêcher un contact accidentel des fils nus. Pendant son travail, il toucha la conduite et se brûla la main droite; on ne l'avait pas averti qu'il y avait danger de toucher aux fils.

En considérant les *causes* des accidents, on trouve que les 50 pour 100 des cas proviennent exclusivement et les 9 pour 100 en partie de *la propre faute de la victime*. Un pourcentage relativement élevé, les 18 pour 100, doit être attribué à la négligence ou au manque de réflexion d'autrui. Témoin l'exemple déjà cité, où un aide-monteur enclencha, contrairement à un ordre donné, la station de transformation pendant que le monteur y travaillait encore.

Voici encore un autre exemple :

Un aide-monteur avait reçu l'ordre de travailler dans une station de distribution à haute tension. Pour une raison quelconque, il quitta un moment son travail. Entre temps, un incident imprévu nécessita la mise en service de la partie d'installation en réparation. Lorsque l'aide-monteur revint à son travail, il ignorait que les conduites étaient sous courant et fut foudroyé aussitôt qu'il toucha un des fils. Un autre ouvrier était justement en train de barrer la partie de l'installation qui venait d'être mise sous courant, mais s'était rendu dans un local adjacent pour chercher du matériel, à l'instant où la victime revenait à son travail.

Dans un autre cas, un monteur et un aide-monteur étaient occupés à faire des connexions dans une station de transformation déclenchée. Une fois le travail terminé, le monteur, en quittant la station, ordonna à son aide de ramasser les outils, mais négligea de remettre en place les grilles de protection. Malheureusement, le courant fut enclenché en ce moment par le surveillant de l'usine, avant que le monteur en ait donné l'ordre. Lorsque l'aide-monteur voulut prendre un fil à plomb, suspendu à un isolateur derrière le tableau, il entra en contact avec des parties sous tension et fut tué.

En considérant les tensions auxquelles les accidents se sont produits, on trouve :

A basse tension (jusqu'à 250 volts)

10 cas = 29 pour 100 (1905 : 21 pour 100);

A tension moyenne (250 à 1000 volts)

5 cas = 15 pour 100 (1905 : 11 pour 100);

A haute tension (plus de 1000 volts)

19 cas = 56 pour 100 (1905 : 18 pour 100).

Cette année également, il y a lieu de signaler le nombre relativement élevé d'accidents causés par la basse tension; il atteint, comme l'année précédente, le double de ceux à tension moyenne. Un cas est surtout intéressant, parce qu'il réfute l'opinion que le courant continu à basse tension ne peut avoir un effet mortel.

Un monteur était occupé sur un poteau à attacher des fils aux isolateurs. A un moment donné, il entra en contact avec deux conducteurs de polarité différente (courant continu, 220 volts), poussa un cri et s'affaissa inanimé.

On déprécie encore trop souvent le danger que les courants à basse tension présentent pour bien des personnes.

Ajoutons encore qu'aucun des accidents avec courant à basse tension n'est arrivé dans un local imprégné de liquides conducteurs.

Dans 15 accidents on a essayé de rappeler la victime à la vie et deux fois avec succès.

Dégâts matériels. — Parmi les huit cas de dégâts matériels, cinq peuvent être ramenés à des installations défectueuses ou au mauvais fonctionnement des appareils de protection : ces dégâts auraient pu être évités.

Dans un cas, un câble souterrain fut détérioré par une forte perte à la terre, survenue ensuite d'un défaut d'isolement. Le courant pénétra dans une conduite d'eau posée directement contre l'armature du câble et l'endommagea. Il est probable que le câble avait déjà été endommagé lors de la pose même de la conduite d'eau.

Dans un autre cas, un court-circuit s'était déclaré dans une conduite d'éclairage (cordon souple) d'une chambre à coucher. L'isolation du cordon s'enflamma et le feu se communiqua à la paroi en bois. Il ne fut plus possible de déterminer d'une manière certaine le débit des coupe-circuits.

Un troisième cas est celui où la résistance d'une lampe à arc s'échauffa, probablement à cause d'un mauvais fonctionnement de la lampe, à tel point que la poutre du plafond, contre laquelle elle était fixée, prit feu. La résistance ne se trouvait qu'à une distance de 3cm ou 4cm du plafond et ce dernier n'était pas protégé par une plaque incombustible.

Dans trois cas, la cause des dégâts ne doit être attribuée que partiellement à la défectuosité des installations, l'autre part pouvant être ramenée à la force majeure ou au mauvais fonctionnement des appareils de protection, dont on ne connaît, pour le moment, pas de modèle qui se prête bien à l'emploi en pratique et qui soit d'un fonctionnement absolument sûr.

Citons, comme exemple, une installation intérieure où des surtensions se produisirent par suite d'un défaut au transformateur. Dans une traversée de plancher entre l'écurie et le fenil, le courant sauta d'un conducteur à l'autre et enflamma l'isolation des fils. Le feu s'était communiqué au foin qui entourait la colonne montante, mais on réussit à l'éteindre avant qu'il n'eût causé des dommages importants. Dans l'installation en question, les conduites

à basse tension n'étaient pas pourvues d'appareils parasurtension.

Dans un autre cas, un transformateur fut endommagé par un coup de foudre. Malgré les appareils parasurtension, le courant primaire paraît avoir passé dans le réseau à basse tension, car dans plusieurs installations, intérieures, le courant avait sauté aux parties voisines du bâtiment en formant des arcs. A quelques places les fils avaient fondu, à d'autres leur isolement était carbonisé. Les appareils parasurtension paraissent avoir fonctionné, le courant y ayant laissé des traces de son passage, mais le contact entre les deux disques métalliques séparés par une rondelle de mica perforée n'était probablement pas suffisant.

Ce cas nous prouve, en outre, qu'il est nécessaire de disposer la plaque de terre des appareils parasurtension aussi loin que possible de celle des appareils parafoudre à haute tension.

L'incident précité, ainsi que d'autres observations que nous avons eu l'occasion de faire, nous donne l'impression que les appareils parasurtension, avec leur construction actuelle généralement admise, ne fonctionnent pas toujours avec succès et qu'ils ne répondent par conséquent pas aux exigences qu'on est en droit d'imposer à ces appareils de protection. Il faudra donc tâcher de perfectionner ces appareils.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Police d'abonnement de l'Union des Secteurs parisiens. — C'est le 1er novembre que doit commencer le régime provisoire de la distribution de l'énergie électrique dans Paris, régime qui se continuera jusqu'au 31 décembre 1913. L'un des points essentiels de ce nouveau régime pour le consommateur est l'abaissement du prix du kilowatt-heure à 0^fr^,70 pour l'éclairage et à 0^fr^,30 pour tous autres usages; mais d'autres points, tels que les tarifs de location et d'entretien, les consommations minima imposées, etc., sont intéressants à connaître en raison de l'importance plus ou moins grande qu'ils peuvent avoir sur le développement futur de diverses branches de l'industrie électrique. Aussi croyons-nous devoir reproduire ci-dessous la nouvelle police-type d'abonnement approuvée par le Conseil municipal dans sa séance du 21 mars 1907.

Chapitre premier. — *Fourniture de courant, branchements et colonnes montantes.*

Art. 1. — Les concessionnaires fournissent l'électricité, dans les conditions prévues par leur convention avec la Ville de Paris, à tout consommateur qui aura contracté un abonnement d'un an au moins et qui se conformera aux dispositions des règlements concernant la pose et l'utilisation des appareils, ainsi qu'aux stipulations de la police d'abonnement.

Art. 2. — Les concessionnaires seront tenus de fournir le courant à tous les abonnés qui se présenteront sur le parcours des canalisations et qui auront signé une police d'abonnement dont récépissé devra leur être donné par les concessionnaires. Il sera accordé, à cet effet, un délai d'un mois après mise en demeure par l'abonné et justification par ce dernier qu'il a rempli les conditions exigées (Art. 65 du Cahier des charges).

Les concessionnaires seront également tenus de desservir les abonnés qui, individuellement ou collectivement, leur garantiraient pendant cinq ans une recette brute annuelle égale à 10^fr^ par mètre courant de canalisation, compté à partir du réseau existant ou du tracé mentionné à l'article 7 du Cahier des charges (Art. 66).

Les concessionnaires pourront être tenus, sur avis conforme de la Commission de contrôle, de livrer le courant primaire ou abaissé à une tension moindre, au gré des concessionnaires, aux abonnés d'une puissance d'au moins 50 kilowatts qui en feraient la demande et qui se trouveraient sur le parcours de la canalisation primaire ou garantiraient pendant cinq ans une recette brute de 10^fr^ par mètre courant de canalisation nouvelle (Art. 67).

Les concessionnaires garantiront l'exécution des polices passées entre la Ville et les abonnés du secteur municipal à partir du moment où les installations dudit secteur auront été mises à leur disposition (Art. 70).

Art. 3. — Les branchements sur la canalisation de rue, c'est-à-dire tout le matériel nécessaire pour amener le courant du réseau à l'intérieur de l'immeuble jusques et y compris soit la boîte de coupe-circuit principale, soit le poste de transformateur, seront installés par les concessionnaires et deviendront propriété de la Ville de Paris. Les concessionnaires ne pourront se refuser à faire à leurs frais cette installation, depuis la canalisation de rue jusqu'à la façade de l'immeuble, sur demande des propriétaires remplissant les conditions prescrites, soit par l'article 65, soit par les articles 66 et 67 du cahier des charges. Pour la partie comprise entre la façade de l'immeuble et la boîte de coupe-circuit principale ou le poste de transformateur, les concessionnaires feront payer aux propriétaires la part correspondante à la longueur de cette partie de canalisation et à sa capacité, selon le tarif établi par le règlement municipal.

Le concessionnaire ne pourra se livrer, directement ou indirectement, ni à la fabrication, ni à l'installation des appareils ou accessoires pouvant servir à la consommation de l'électricité dans Paris; il ne pourra favoriser aucune entreprise de travaux d'électricité, soit par sa situation particulière, soit par conseils à l'abonné, soit financièrement en constituant des entreprises d'installation ou en s'y associant, et cela sous peine de déchéance.

Les branchements intérieurs simples, c'est-à-dire tout ce qui est au delà soit de la boîte de coupe-circuit principale, soit du poste de transformateur, les colonnes montantes et les dérivations jusqu'au compteur, seront établis aux frais des propriétaires d'immeubles (ou à ceux des locataires en ce qui concerne les dérivations sur colonnes montantes préexistantes) par tous entrepreneurs de leur choix. La liberté la plus complète est assurée aux propriétaires et aux abonnés pour le choix des entrepreneurs, les concessionnaires ne pouvant s'imposer directement ni indirectement pour l'établissement desdits travaux.

Les entrepreneurs devront se soumettre au contrôle technique des concessionnaires et aux prescriptions du règlement municipal.

Le concessionnaire ne pourra établir dans les immeubles aucune colonne montante, coffret, branchement, arrivée au compteur, pour le compte des propriétaires ou des locataires.

Toutefois, il aura le droit d'effectuer lesdits travaux, pourvu que ce soit gratuitement.

Quant aux colonnes montantes, coffrets, branchements et arrivées aux compteurs qu'il voudrait établir à ses frais et donner ensuite en location, le concessionnaire devra, pour les exécuter, s'adresser par voie d'adjudication à des entrepreneurs reconnus, par la Commission de contrôle municipale, comme présentant les garanties nécessaires pour la bonne exécution desdits travaux.

Sur accord entre les propriétaires d'immeubles et les concessionnaires, ceux-ci auront le droit d'installer à leurs frais, en outre des branchements sur canalisations de rues, les branchements intérieurs simples, colonnes montantes et dé-

rivations jusqu'au compteur, la Ville en conservant la propriété tant que l'achat n'en sera pas requis par les propriétaires intéressés. Si l'achat en est requis par les propriétaires intéressés, il aura lieu au prix de revient dûment justifié et conforme aux tarifs du Règlement municipal, majoré de 20 pour 100 pour frais généraux et bénéfices, et ne comprendra pas le branchement sur canalisation de rue.

Il est formellement interdit aux concessionnaires de s'immiscer, directement ou indirectement, dans l'établissement des installations intérieures, c'est-à-dire au delà du compteur.

Les concessionnaires auront seuls le droit d'accès aux appareils de jonction desservant tout branchement collectif ou particulier, et ces appareils ne pourront être plombés et déplombés que par leurs agents.

Lorsque les branchements intérieurs simples et colonnes montantes appartiendront aux propriétaires intéressés, les concessionnaires percevront de chaque abonné de l'immeuble, à titre de location du branchement sur canalisation de rue, la redevance mensuelle prévue à la colonne 2 du Tableau ci-après.

Lorsque les concessionnaires auront installé à leurs frais les branchements intérieurs simples et colonnes montantes, et tant que l'achat n'en aura pas été fait par les propriétaires intéressés, les concessionnaires percevront de chaque abonné de l'immeuble, à titre de location, soit du branchement intérieur simple, soit de la colonne montante le desservant, l'une des deux redevances mensuelles prévues aux colonnes 3 ou 4 du Tableau ci-après. Ces locations comprennent celle du branchement sur canalisation de rue, dont le branchement intérieur simple ou la colonne montante forment le prolongement; et, par suite, ne se cumuleront pas avec celles indiquées à la colonne 2.

Toutes les redevances prévues au Tableau ci-dessous comprennent l'entretien des parties louées.

PUISSANCE DU COMPTEUR de l'abonné, en hectowatts.	REDEVANCE MENSUELLE de location et d'entretien		
	de branchement sur canalisation de rue.	de branchement intérieur simple.	de colonne montante.
1	2	3	4
Jusqu'à 3	0,50	1	2
Au-dessus de 3 jusqu'à 5	0,50	1,50	3
» 5 » 10	0,75	2	4
» 10 » 20	0,75	3	6
» 20 » 30	1	4	8
» 30 » 50	1	5	10
» 50 » 100	1,50	5,50	11
» 100 » 200	2	6	12

Ces redevances seront réduites de 50 pour 100 quand il y aura plus de trois abonnés branchés sur une même colonne montante. Elles ne sont fixées qu'à titre provisoire et pour une durée de 1 an à compter de l'approbation de la convention. Elles devront être revisées par la Commission de contrôle sur les bases indiquées à l'article 57 *bis*, 7e alinéa, du Cahier des charges.

L'abonné sera remboursé des sommes qu'il aurait payées en trop pendant la première année si cette revision abaisse la redevance de 20 pour 100 au moins.

Les redevances perçues en vertu de la colonne 2 ne seront pas dues par les abonnés actuels ayant acquitté l'intégralité des travaux correspondants.

Lorsqu'il aura été stipulé dans des contrats conclus entre les secteurs et des propriétaires d'immeubles que, en cas de prorogation des permissions des secteurs, les propriétaires seraient remboursés des avances consenties par eux pour l'établissement de canalisation, branchements ou colonnes montantes, ces conventions devront être exécutées par les concessionnaires, et les remboursements seront effectués dans les 2 mois qui suivront l'approbation du Cahier des charges (Art. 71).

Les concessionnaires se réservent le droit de modifier, déplacer ou transformer tout branchement, pour quelque cause que ce soit. L'abonné autorise dès à présent les agents des concessionnaires à pénétrer dans les locaux qu'il occupe pour procéder à ces travaux, toute réfection pouvant en résulter étant à la charge de ceux-ci.

L'abonné devra fournir, avant le commencement des travaux, l'autorisation écrite du propriétaire de l'immeuble, nécessaire au service de l'abonnement ainsi qu'à l'installation du branchement. Cette autorisation comportera la reconnaissance, au profit de la Ville de Paris, de la propriété de toutes les parties établies aux frais des concessionnaires, avec ou sans contribution de l'intéressé.

Chapitre II. — *Installation intérieure.*

Art. 4. — L'installation à partir du compteur sera faite et entretenue aux frais de l'abonné par tout entrepreneur de son choix.

Avant la mise en service de l'installation, l'abonné devra la soumettre à la vérification de la Compagnie.

Celle-ci aura à toute époque le droit de se refuser à fournir ou celui de supprimer le courant électrique à tout abonné dont l'installation serait reconnue défectueuse, mais, dans aucun cas, elle ne pourra être rendue responsable de cette installation dont la conservation et l'entretien sont à la charge de l'abonné.

La Compagnie se réserve de contrôler à tout moment l'installation de l'abonné en vue de l'application des diverses stipulations de la présente police.

Si la Compagnie vient à modifier à un moment quelconque le régime du courant fourni à un abonné, elle prendra à sa charge tous les frais dont cette modification serait la cause.

En cas de désaccord, l'abonné ou la Compagnie pourront réclamer l'intervention du contrôle municipal.

Art. 5. — L'abonné devra autoriser à tous moments les agents de la Compagnie à accéder dans les locaux où seront installés les branchements, compteurs, lampes ou autres appareils électriques, et il sera tenu de prévenir la Compagnie s'il survient quelque accident ou anomalie dans le fonctionnement de son installation intérieure, ainsi que dans le cas où il apporterait une modification quelconque dans son installation, le tout dans l'intérêt de la régularité du service général.

Chapitre III. — *Compteur.*

Art. 6. — La quantité d'électricité fournie sera mesurée au compteur, relevée mensuellement, sauf cas spéciaux, et inscrite sur un livret qui restera entre les mains de l'abonné.

Les compteurs, qu'ils appartiennent aux abonnés ou aux concessionnaires, devront être d'un type approuvé par le Préfet de la Seine, les concessionnaires entendus. S'ils appartiennent à l'abonné, ils devront être vérifiés, plombés, posés et entretenus par les concessionnaires.

Dans ce cas, ceux-ci pourront, au moment de la mise en place du compteur, percevoir une somme de 15fr à titre de

frais de vérification et de pose, et l'entretien sera fait par eux aux conditions fixées ci-après.

Tous les compteurs devront être soumis obligatoirement au poinçonnage (Art. 73).

Sur demande de l'abonné et jusqu'à concurrence d'une puissance de 200 hectowatts, les concessionnaires seront tenus de fournir des compteurs en location au tarif mensuel maximum suivant, comprenant l'entretien :

PUISSANCE DU COMPTEUR de l'abonné, en hectowatts.	LOCATION et entretien du compteur.	ENTRETIEN sans location.
1	2	3
Jusqu'à 3	0,75	0,25
Au-dessus de 3 et jusqu'à 5.	1,30	0,45
» 5 » 10.	1,75	0,60
» 10 » 20.	2,50	0,85
» 20 » 30.	3	1
» 30 » 50.	3,50	1,15
» 50 » 100.	4	1,35
» 100 » 200.	5	1,70

Les prix ci-dessus ne sont fixés que pour 3 ans à compter de l'approbation de la présente convention. Ils pourront être modifiés, sur l'avis de la Commission de contrôle et après délibération du Conseil municipal, sur les bases d'un pourcentage déterminé du prix d'acquisition des compteurs, majoré de 10 pour 100 pour frais généraux et des frais justifiés d'entretien.

Les compteurs appartenant aux abonnés seront entretenus par les concessionnaires aux conditions indiquées à la colonne 3.

Les compteurs à tarif variable donneront lieu à une plus-value mensuelle de $0^{fr},30$ pour location et entretien et de $0^{fr},10$ pour entretien seul.

L'abonné et les concessionnaires auront tous deux le droit de demander la vérification d'un compteur par les agents que le Préfet de la Seine aura désignés à cet effet et suivant le tarif du Règlement municipal.

La vérification demandée par l'abonné sera à la charge de ce dernier si le compteur est reconnu exact ou si l'erreur est au profit de l'abonné. Elle sera à la charge des concessionnaires si l'erreur est au détriment de l'abonné.

La vérification demandée par les concessionnaires sera toujours à la charge de ces derniers.

Suivant les progrès de la construction, le Préfet de la Seine fixera, les concessionnaires entendus, les écarts dans la limite desquels un compteur sera considéré comme exact.

Les compteurs pourront, à toute époque, être acquis par les abonnés, de même que les colonnes montantes, sur les bases indiquées à l'article 71, 8e alinéa, du Cahier des charges.

Les compteurs pourront, en outre, être acquis par mensualités, en 5 années, moyennant une majoration du tarif précédent de location et d'entretien qui sera déterminée par la Commission de contrôle (Art. 74).

Les locataires d'appartements d'une valeur locative réelle inférieure à 500^{fr}, dans les maisons où il existera une colonne montante et des branchements, auront la jouissance gratuite du branchement et recevront un compteur à titre de prêt gratuit.

Le tout est subordonné à l'engagement par les locataires de verser l'avance de consommation dans les conditions ordinaires ou à la garantie par les propriétaires du paiement du courant fourni jusqu'à concurrence du montant de l'avance sur consommation.

Le bénéfice de la disposition qui précède est accordé exclusivement pour les logements et ne pourra s'appliquer aux boutiques, loges de concierge et chambres isolées dépendant d'une location principale (Art. 74 *bis*).

Art. 7. — La puissance du compteur devra être proportionnée à l'utilisation maximum de l'installation de l'abonné.

Son calibre sera déterminé par l'abonné au moment de la signature de la présente police.

Le compteur sera protégé par des plombs ou autres appareils de sûreté placés par la Compagnie et à ses frais, coupant le courant pour une surcharge de 10 pour 100 de la capacité du compteur.

En cas de fusion des plombs de sûreté, ils seront remplacés par la Compagnie aux frais de l'abonné, d'après le tarif suivant :

Puissance du compteur en hectowatts.	Tarif.
	fr
Jusqu'à 5	2
Au-dessus de 5 jusqu'à 50	3
Au-dessus de 50	4

Si, pendant la durée de l'abonnement, le compteur était reconnu d'un calibre insuffisant, l'abonné devra le remplacer par un autre de plus forte capacité.

Toutes les redevances et obligations de l'abonné prévues par la présente police comme proportionnelles à la puissance du compteur seront toujours rapportées au compteur effectivement placé chez l'abonné et varieront de plein droit en cas de remplacement d'un compteur par un autre d'un calibre différent. Le montant de l'avance sur consommation prévue à l'article 15 sera modifié dans ce cas.

Art. 8. — Il est interdit à l'abonné d'apporter aucune modification dans les organes du compteur et de ses accessoires, et dans sa position.

L'emplacement du compteur et de ses accessoires devra être d'un accès facile et choisi de manière que le chiffre des consommations puisse être constamment et aisément relevé, et le compteur facilement entretenu.

Les conditions d'installation du compteur devront être conformes au Règlement municipal.

Art. 9. — En cas d'arrêt du compteur ou si son fonctionnement a été faussé de telle manière qu'on ne puisse tirer parti, pour l'établissement de la quittance mensuelle, des indications enregistrées, le compte de l'électricité fournie pendant la période d'arrêt ou de fonctionnement défectueux sera établi d'après la moyenne de consommation du mois correspondant de l'année précédente, ou, s'il s'agit d'une police n'ayant pas encore un an d'existence, d'après la moyenne de consommation du mois précédent.

Chapitre IV. — *Tarifs de vente.*

Art. 10. — Le courant électrique fourni à l'abonné est vendu à l'hectowatt-heure, aux prix maxima suivants :

Du 1er novembre 1907 au 31 décembre 1913

$0^{fr},07$ pour l'éclairage,
$0^{fr},03$ pour tous autres usages;

Du 1er janvier 1914 au 30 juin 1940

$0^{fr},05$ pour l'éclairage,
$0^{fr},03$ pour tous autres usages.

Toute charge nouvelle résultant d'une loi ou d'une déli-

bération du Conseil municipal, qui viendrait frapper directement et explicitement l'énergie électrique, serait remboursée aux concessionnaires au moyen d'un relèvement des tarifs ci-dessus approuvés par arrêté du Préfet de la Seine.

Chapitre V. — *Clauses diverses.*

Art. 11. — S'il est établi des transformateurs chez les abonnés, le propriétaire ou l'abonné sera simplement tenu de fournir l'emplacement nécessaire, clos et couvert au choix du propriétaire, et conformément au Règlement municipal. Les concessionnaires devront fournir, poser et entretenir le transformateur sans avoir à réclamer aucune redevance (Art. 72).

Le local des transformateurs devra être et rester d'un accès facile à tout moment pour les agents des concessionnaires.

Art. 12. — Les concessionnaires, avec l'approbation du Préfet de la Seine, pourront imposer aux abonnés des mesures ayant pour effet d'empêcher les troubles dans l'exploitation et notamment d'empêcher la mise en marche ou l'arrêt trop brusques d'une puissance trop considérable. Les concessionnaires et la Ville auront le droit de vérifier chez les abonnés l'exécution de ces mesures.

Le Règlement municipal déterminera les mesures à prendre relativement à la sécurité des installations des abonnés (Art. 75).

Art. 13. — Les concessionnaires seront tenus de livrer le courant à toute heure du jour et de la nuit.

Ils auront toutefois la faculté d'interrompre le service deux jours par mois au plus, pour mesure d'isolement ou travaux de canalisation. Lesdits jours d'interruption pourront varier d'un point à l'autre de Paris; ils seront fixés d'avance et portés à la connaissance des abonnés.

L'interruption durera au plus de 9^h du matin à 3^h du soir pendant le semestre d'hiver, d'octobre à mars, et de 7^h du matin à 5^h du soir pendant le semestre d'été, d'avril à septembre.

Pour les abonnés de force motrice, les interruptions devront avoir lieu le dimanche, sauf le cas de nécessité reconnue (Art. 77).

L'abonné ne pourra prétendre à aucune indemnité ni dommages-intérêts pour interruption temporaire de l'électricité occasionnée soit par des circonstances de force majeure, soit par le fait de travaux publics ou privés, mais la consommation minimum annuelle prévue à l'article 16 sera réduite proportionnellement au temps pendant lequel aura lieu l'interruption.

Art. 14. — L'abonné aura la libre disposition du courant électrique qui aura passé par le compteur. Toutefois, il ne pourra l'employer ni directement ni indirectement à aucun usage de nature à entraîner une tarification plus élevée que celle résultant de la présente police.

Il ne pourra céder à une tierce personne tout ou partie du courant qui lui est fourni sans avoir, au préalable, obtenu de la Compagnie une autorisation écrite.

Art. 15. — Les concessionnaires pourront exiger des abonnés, à titre d'avance sur consommation, une somme qui ne pourra être supérieure à 2^{fr} par hectowatt de puissance du compteur.

Toutefois, lorsque l'énergie sera employée à des usages commerciaux ou industriels et que la puissance du compteur excédera 12 hectowatts, l'avance pourra être de 5^{fr} par hectowatt de puissance.

Ces avances ne seront pas productives d'intérêts (Art. 76).

Dans les huit jours suivant l'expiration de la police, et après constatation des dernières indications du compteur, elles seront remboursées à l'abonné sous déduction de toutes sommes dues par celui-ci aux concessionnaires.

Art. 16. — Les concessionnaires ne pourront exiger de leurs abonnés une garantie de durée de consommation supérieure à 400 heures par an pour les emplois commerciaux de l'énergie électrique et à 75 heures pour les emplois domestiques, le tout calculé d'après la puissance du compteur, cette puissance étant déterminée au gré de l'abonné.

Cette garantie sera abaissée à 300 heures pour les abonnés commerçants fermant à 8^h du soir.

Les sommes payées de ce chef par l'abonné feront partie de la recette brute provenant de la fourniture du courant.

En cas de fermeture temporaire, s'il s'agit de locaux commerciaux; en cas d'absence, s'il s'agit d'un appartement, l'abonné pourra, en prévenant 3 jours d'avance, faire suspendre la fourniture du courant. Dans ce cas, la garantie annuelle sera diminuée d'autant de douzièmes que la suspension aura duré de périodes indivisibles de 30 jours consécutifs. Les concessionnaires devront rétablir le courant dans les deux jours de la demande (Art. 68 *bis*).

Art. 17. — Le prix du courant électrique fourni, ainsi que toutes redevances résultant de la présente police, est payable chaque mois, sauf cas spéciaux, au domicile où le courant électrique a été livré. Bien que les redevances soient payables par mensualités, elles sont dues sans interruption pendant toute la durée de l'abonnement, qu'il y ait ou non consommation.

L'abonné renonce à opposer à la demande de paiement toute réclamation sur les quantités constatées. En conséquence, la quittance devra toujours être payée à présentation. La Compagnie sera tenue d'examiner, dans le délai maximum de 1 mois, la réclamation, et de tenir compte, le mois suivant, à l'abonné, de toute erreur à son préjudice, sauf, en cas de contestation, recours de l'abonné à la Commission de contrôle.

A défaut de paiement, et 5 jours après la mise en demeure restée infructueuse, les concessionnaires auront le droit de suspendre la fourniture de courant chez l'abonné qui n'aura pas payé, sans préjudice de toutes poursuites à exercer contre lui pour inexécution de la présente police. De convention expresse, la mise en demeure résultera d'une simple lettre recommandée, dont les frais seront à la charge de l'abonné, ainsi que ceux des coupures de courant, s'il y a lieu.

Art. 18. — L'abonnement courra du jour de la mise en service de l'installation, qui devra avoir lieu au plus tard dans les trois mois de la signature de la police. Il se poursuivra sans interruption pour toute la durée pour laquelle il a été souscrit et se renouvellera par tacite reconduction s'il n'est pas dénoncé par l'abonné 3 mois à l'avance.

Il finira de plein droit avec l'autorisation que les concessionnaires tiennent de la ville de Paris.

Art. 19. — En cas de cession du fonds de commerce ou du droit au bail du local auquel le courant est fourni, l'abonné devra imposer à son cessionnaire la continuation du présent contrat aux mêmes conditions.

Art. 20. — Tout abonné pourra réclamer la remise, à titre gratuit, d'un exemplaire du Cahier des charges et du Règlement municipal sur les installations.

Art. 21. — Il est interdit à la Compagnie d'ajouter sur la police aucune clause aggravant les charges de l'abonné, sans délibération préalable du Conseil municipal.

Art. 22. — Toutes les réclamations pourront être adressées au Préfet de la Seine et au Président du Conseil municipal et seront soumises à la Commission de contrôle.

En cas de manquement à leur Cahier des charges, les concessionnaires seront passibles des pénalités suivantes :

Pour refus de desservir un abonné dans les cas prévus par les articles 65 et suivants, l'amende sera, par abonné et par jour de retard, de 10^{fr} (Art. 81).

Pour défaut de fourniture de courant, l'amende sera de 10^{fr} par abonné et par jour.

Chaque immeuble municipal, chaque square ou chaque kilomètre de voie publique, est considéré comme un abonné (Art. 82).

Pour irrégularité dans la tension au delà des limites imposées par l'article 39 du cahier des charges et après un premier avertissement, l'amende sera, par jour et pour chaque arrondissement de Paris où l'excès d'irrégularité aura été constaté dans les trois mois qui suivront l'avertissement, de 10^{fr}.

L'amende précédente sera doublée, triplée, etc., lorsque l'irrégularité dépassera le double, le triple, etc., des chiffres indiqués à l'article 39 (Art. 83).

Pour irrégularité dans la fréquence au delà des limites imposées par l'article 40 du cahier des charges, mêmes amendes que pour irrégularités de tension et mêmes majorations (Art. 84).

Art. 23. — Indépendamment du service de contrôle technique et financier, et du service de renseignements pour le public qui seront organisés par la Ville, une Commission supérieure de contrôle sera nommée par arrêté du Préfet de la Seine.

Elle sera composée :

1° De six conseillers municipaux, désignés par le Conseil sur la proposition de la première Commission ;

2° De membres désignés par le Préfet et choisis parmi les techniciens, les représentants des industries électriques, les membres de la Chambre de commerce, les associations de consommateurs, les fonctionnaires, etc.

Les concessionnaires devront être représentés par deux membres dans la Commission.

Cette Commission sera consultée sur l'élaboration du programme technique de production et de distribution, sur les modifications qui pourraient y être apportées et, d'une façon générale, sur toutes les autres questions concernant l'exploitation qui lui seraient soumises par le Préfet.

Elle élaborera le Règlement municipal sur les installations intérieures, revisable tous les trois ans, et déterminera les prix de séries, les prix de location des colonnes montantes, branchements et compteurs, sur la base d'un pourcentage déterminé, représentant l'intérêt et l'amortissement du prix de revient majoré de 10 pour 100 pour les frais généraux et des dépenses justifiées d'entretien.

La Commission supérieure de contrôle désignera une Sous-Commission permanente qui se réunira périodiquement et recevra tous les trois mois un rapport du service de contrôle. Elle sera, en outre, saisie des réclamations des abonnés ou des concessionnaires relatives à l'exécution du Cahier des charges, de la police ou du Règlement municipal des installations intérieures.

Les dépenses du contrôle technique, administratif et financier seront, chaque année et jusqu'à concurrence de 50000^{fr}, remboursés par les concessionnaires (Art. 57 *bis*).

Art. 24. — Toutes contestations relatives à la présente police ou à son exécution seront jugées par les tribunaux du domicile où aura lieu la fourniture du courant.

Art. 25. — Les polices-types d'abonnement seront approuvées par le Conseil municipal en même temps que la convention.

Les polices, avenants et toutes pièces ou conventions quelconques passés entre la Compagnie exploitante et ses abonnés seront établis en triple exécution, dont un exemplaire, signé par la Compagnie et l'abonné, sera remis à la Ville de Paris.

Les polices devront reproduire en caractères très lisibles le texte des articles 57 *bis*, 65 à 68 *bis*, 70 à 77, 81 à 84 du Cahier des charges.

Les frais de timbre des trois exemplaires seront à la charge de l'abonné (Art. 68).

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Énergie électrique du Littoral méditerranéen. — Les rapports présentés à l'assemblée générale ordinaire du 28 mai 1907 fournissent les renseignements qui suivent sur la situation de la Société au 31 décembre 1906.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

		fr
Pendant l'exercice 1906, les recettes se sont élevées à		1572591,20
et les dépenses à		641978,36
laissant au compte de profits et pertes une balance de		930612,57
De ce chiffre, il faut déduire :		
1° Le solde du compte « Intérêts et divers »	27273,86	
2° « Provision pour amortissements »	50000 »	
(ce qui porte ce compte à 150000^{fr}.).		77273,86
laissant net pour les bénéfices de l'exercice 1906.		853338,71
qui, ajoutés au reliquat de l'exercice 1905		208030,47
forment un total disponible de		1061369,18

Le Conseil propose de répartir cette somme comme suit :

1° 5 pour 100 à la réserve légale sur 853338^{fr},71.		42666,93
2° 5 pour 100 au fond d'amortissement du capital (art. 43 des statuts,		43000 »
3° Intérêts de 4 pour 100 aux actions, savoir : aux 32000 actions anciennes. (soit 20^{fr} par titre).	640000	
aux 32000 actions nouvelles : Intérêts du 11 avril au 31 décembre 1906 (soit 3^{fr},63 par titre).	116160	756160 »
4° Report à nouveau		219542,25
Total égal		1061369,18

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1906.

Actif.

Frais de constitution		1 »
Frais de premier établissement		1 »
Frais d'études		1 »
Rachat de la Société des Forces motrices des Alpes-Maritimes		3623510,10
Dépenses d'installations		32341263,93
Mobilier et outillage		145400,75
Matériel en location		17455,43
Approvisionnements divers		692991,34
Disponibilités :		
Caisses et Banquiers	2860809,55	
Débiteurs sur garantie	10057128,50	
		12917938,05
Versements non appelés		12000000 »
Débiteurs divers		699761,66
Portefeuille		203752 »
Comptes d'ordre et divers		304489,27
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations		3031760,55
Total de l'actif		65978326,28

Passif.

Capital :		fr
64000 actions de 500fr		32000000 »
Obligations		31150000 »
Réserves et amortissements :		
Réserve légale	69571,78	
Fonds d'amortissement du capital	70500 »	
Provision pour amortissements	150000 »	
		290071,78
Créditeurs divers		862339,74
Coupons à payer :		
Sur actions	11058,86	
Sur obligations	603486,72	
		614545,58
Profits et pertes		1061369,18
Total du passif		65978326,28

Sur divers Chapitres du bilan, le rapport du Conseil donne les explications suivantes :

Les *Dépenses d'installations* se sont augmentées depuis la fin de l'exercice 1905 de 12471928fr,26. Cette somme représente les dépenses faites au cours de l'exercice 1906 pour l'exécution des travaux d'établissement; elle comprend également le montant des intérêts intercalaires appliqués aux travaux non productifs, conformément à l'article 42 des statuts. Sur le total de 32341263fr,93, une somme de 16000000 environ se rapporte à des travaux non encore productifs.

L'augmentation de 30433fr,05 sur le Mobilier et l'outillage résulte de l'achat de meubles et d'appareils de laboratoire, motivé par l'extension des réseaux, ainsi que de l'agrandissement des bureaux du siège social.

Les 12000000fr du compte *Versements non appelés* représentent les sommes restant à verser sur les 32000 dernières actions.

Le *Portefeuille* (203752fr) se compose d'actions et parts de fondateurs des sociétés suivantes, dont le fonctionnement intéresse l'entreprise :

Société d'Éclairage électrique de Cannes;

Société des Forces motrices de la Haute-Durance;

Sud électrique;

Société d'Éclairage et de Force motrice des Bouches-du-Rhône.

L'augmentation du Chapitre *Primes de remboursement et frais d'émission* résulte de l'émission de 40000 obligations 4 pour 100 faites au cours de l'exercice 1906.

Au passif, à noter la disparition du compte *Indemnités diverses* qui figurait au bilan du 31 décembre 1905 pour un chiffre de 270000fr. Le Conseil a employé à cet amortissement tout ce qui lui est resté disponible, après paiement des frais de constitution et d'augmentation du capital, sur le montant de la prime de 25fr des actions nouvelles; l'amortissement a été parachevé par un prélèvement de 14483fr,35 fait sur les produits de l'exercice.

L'augmentation de 16000000fr du compte *Capital* est motivée par l'émission de 32000 actions nouvelles, faite en exécution des décisions des Assemblées générales des 12 mars et 11 avril 1906.

Le compte *Obligations* est en augmentation de 20000000fr par suite de l'émission de 40000 obligations 4 pour 100.

Le compte *Créditeurs divers* réunit le montant des sommes dues à divers, notamment aux entrepreneurs. Le chiffre inscrit correspond en majeure partie à des dépenses qui n'ont pu être réglées qu'après clôture de l'exercice et n'ont pu en conséquence être soldées en écritures avant la dite clôture.

EXPLOITATION.

Le réseau des Alpes-Maritimes comprend toutes les usines, stations et sous-stations, ainsi que les lignes et postes du département, à l'exception des installations dépendant du réseau d'Antibes.

Le fonctionnement des installations a été satisfaisant et la distribution a été assurée d'une façon régulière.

On a mis en marche, au cours de l'exercice, les concessions de Saint-Cézaire et de Saint-Vallier, et l'on a commencé, vers le milieu de l'année, à fournir le courant de la Société monégasque d'Électricité.

On constate dans ce réseau un développement notable des fournitures d'énergie à principaux clients : tout fait espérer que cette progression s'accentuera encore grâce au développement de la région et tout spécialement de celui si rapide de la ville de Nice.

Le développement du réseau des Alpes-Maritimes est continu : de 419550fr,71 en 1902, les recettes se sont élevées à 674530fr,93 en 1903, à 878009fr en 1904, à 985552fr,18 en 1905, et à 1161609fr,67 en 1906.

Les quatre premiers mois de 1907 donnent, par rapport aux quatre premiers mois de 1906, une augmentation de plus de 15 pour 100.

Les premiers mois de 1907 marquent une augmentation importante des recettes dans trois réseaux des Alpes-Maritimes, d'Antibes et du Var, ainsi qu'il résulte du Tableau ci-après :

	Recettes.	Dépenses.	Produit.
1er janv. au 30 avril 1907	746018,12	269793,05	476225,07
1er janv. au 30 avril 1906	623856,88	220734,05	403122,83
Différence en plus pour 1907	122161,24	49059 »	73102,24

ceci, sans tenir compte des recettes du réseau des Bouches-du-Rhône non encore en exploitation, lesquelles sont portées en déduction des frais de mise en train qui sont imputés au compte de premier établissement.

Électrochimie : FABRICATION DE LA CYANAMIDE. — Le *Journal de l'Électrolyse* du 15 octobre donne à ce sujet les quelques renseignements suivants : la Société des Produits azotés va commencer sa fabrication à Notre-Dame de Briançon d'ici un mois ou deux. La Brandenburgische Carbidwerke est capable de produire 2500 tonnes par an dans son usine de Mühlthal (Bromberg) et elle construit à Odde, en Norvège, une usine capable de donner 12500 tonnes de cyanamide avec 10000 tonnes de carbure de calcium fournies par les fabriques Alby situées dans le voisinage. La Societa italiana Prodotti azotati a obtenu une licence pour l'Autriche-Hongrie et va construire une seconde usine. La Societa per l'Utilizzazione delle Forze idrauliche della Dalmatia transformera en cyanamide une partie des 1000 tonnes de carbure qu'elle peut produire. Enfin, l'American Cyanamid Co se propose de construire sur la rivière de Tennessee une usine produisant 20000 tonnes de cyanamide.

Tome VIII. N° 93. — 15 novembre 1907.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MOTEURS A VAPEUR.

Sur le tirage des foyers dans la chaufferie des usines à vapeur (¹). — La première économie à rechercher dans une chaufferie, c'est l'utilisation complète du charbon jeté sur les grilles. L'opacité plus ou moins grande de la fumée qui apparaît au haut d'une cheminée n'en est pas une mesure suffisante. En dehors du charbon non brûlé qui s'envole d'une manière visible, il y en a qui peut s'échapper sous forme de gaz, oxyde de carbone ou hydrocarbures, qui ont manqué de comburant pour produire de l'effet utile.

Il n'y a qu'un élément essentiel dans le problème, c'est la quantité d'air qui passe dans le foyer. Cette quantité, proportionnelle au tirage de la cheminée, est en raison inverse de la somme des résistances depuis la grille jusqu'à la sortie de la chaudière, c'est-à-dire des résistances dues à la grille elle-même, aux frottements, changements de direction, et changements de section dans les éléments de la chaudière et les carneaux.

Les chaudières les plus généralement adoptées dans les stations centrales électriques sont des chaudières multitubulaires, à allure de combustion variant de 80^{kg} à 100^{kg}, peut-être à 110^{kg} de charbon par mètre carré de grille. A ces allures, la résistance de la grille et du charbon qu'elle soutient en une couche de 10^{cm} à 15^{cm} devient un des facteurs les plus importants de la résistance totale : en outre, et d'une manière générale, la résistance de l'ensemble du faisceau tubulaire est d'autant plus notable que la chaudière est capable d'un rendement organique plus élevé.

Le tirage doit atteindre 12^{mm} à 16^{mm} environ pour desservir économiquement des chaudières multitubulaires à bon rendement. Cet ordre de dépression correspond à des températures de 275° à 300° environ pour les gaz à la base de la cheminée et à des hauteurs moyennes de 30^{m} à 40^{m}.

(¹) Cet article marque le début de la publication d'une série de courtes Notes dans lesquelles un de nos collaborateurs, qui désire conserver l'anonymat, se propose de traiter diverses questions concernant l'exploitation économique des stations centrales à vapeur ainsi que l'organisation des ateliers au point de vue de l'hygiène et du rendement.
(*N. d. l. Réd.*)

L'industriel soucieux de ses intérêts doit bien étudier cette question du tirage de ses cheminées et chercher avant tout à l'améliorer, s'il est insuffisant. Parfois il cherche ailleurs et croit pouvoir attendre une économie de l'adjonction d'un économiseur, réchauffeur d'eau d'alimentation, dans le carneau en aval des chaudières. Il peut se tromper gravement.

Ce serait une stupidité que de méconnaître les grands services que rendent dans certains cas ces appareils, mais ils ne méritent vraiment le nom d'*économiseurs* que s'ils sont installés à bon escient. Ils refroidissent tellement les gaz que leur insertion dans le circuit produit immédiatement une chute du tirage, qui peut atteindre 3^{mm} ou 4^{mm}. On risque donc de perdre du côté de l'utilisation du combustible dans le foyer ce qu'on gagne du fait de l'alimentation à l'eau chaude, et ce résultat est, en tous cas, acquis au prix d'une dépense de première installation considérable. Et combien nombreuses sont les installations qui laissent à désirer sous le rapport du tirage !

Le compte rendu sommaire des travaux de la Commission d'études sur les fumées [1] est topique à cet égard. Ce rapport signale que l'augmentation mécanique du tirage s'est traduite, pour toutes les chaudières essayées, par une économie dans le prix de la tonne de vapeur, économie qui s'est élevée dans un cas jusqu'à 11 pour 100, et qui était obtenue au prix d'une consommation de l'ordre de 3 à 4 pour 100 seulement de la production de la chaudière.

Pour les stations centrales électriques, la valeur maxima du tirage intervient au point de vue de la souplesse de l'installation vis-à-vis des variations de charge : nous y reviendrons. X.

PILES ET ACCUMULATEURS.

Élément galvanique du type Leclanché, dont le dépolarisant renferme du peroxyde de manganèse hydraté, par H. PUTZ (Brevet allemand 187991 du 13 février 1906. *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VIII, 20 juillet 1907, p. 111). — Pour augmenter la conductibilité de l'électrolyte constitué par une solution de chlorhydrate d'ammoniaque, on a déjà proposé d'ajouter un acide faible (acide lactique, acétique, etc.). Mais ces acides très solubles attaquent le zinc. Ici, on additionne l'électrolyte d'un acide difficilement soluble, de façon à limiter la quantité entrant en solution, et n'agissant pas sur le zinc ni sur le peroxyde de manganèse. A cet effet, on utilise l'acide borique. Le zinc n'est pas attaqué par lui à circuit ouvert, la tension aux bornes est augmentée et l'on évite l'action nuisible de l'ammoniaque qui se dégage ordinairement de ce genre de piles.

Un tel élément, débitant sur une résistance de 20 ohms à raison de 3 minutes de décharge toutes les demi-heures, donnait une tension initiale de 1,52 volt; après 14 jours, la tension était de 1,44 volt; elle restait à cette même valeur pendant les 22 jours suivants. Elle baissait lentement ensuite et, après 106 jours de débit, elle était encore de 1,325 volt. L. J.

Procédé de préparation de liquide immobilisé pour les accumulateurs électriques, par C. BERGMANN (Brevet allemand 184388 du 17 février 1906. *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VIII, 5 mai 1907, p. 69). — Comme on le sait, le procédé le plus souvent employé pour obtenir l'immobilisation de l'électrolyte consiste à préparer de la silice gélatineuse en mélangeant du silicate de soude et de l'acide sulfurique. On prend, en général, une partie de silicate de soude à 33 pour 100 et 2 à 5 parties d'acide sulfurique à 33° B. ($d = 1,29$) ou de concentration moindre. La proportion d'acide est réglée de façon que sa concentration finale soit ramenée, par l'eau du silicate, à un poids spécifique de 1,25 à 1,20. Mais cet électrolyte gélatineux ne tarde pas à se désagréger sous l'influence des gaz dégagés pendant la charge et il se forme des fissures dans lesquelles pénètre la matière active tombée des plaques. Il se produit ainsi des courts-circuits intérieurs. En outre, cet électrolyte gélatineux se sèche peu à peu au point de devenir inutilisable. On a essayé déjà de remédier à ces inconvénients en incorporant à la masse de l'électrolyte gélatineux des matières inertes en poudres, telles que l'amiante, le verre, le sable.

C. Bergmann prépare sa silice en remplaçant l'acide sulfurique à 33° B. par de l'acide concentré (40° B. à 66° B. ou 1,38 à 1,84 de poids spécifique). Il obtient ainsi, par un mélange intime avec le silicate de soude, non pas de la silice gélatineuse, mais une matière dure et poreuse, comme de la pierre ponce. Grâce à sa porosité, cette matière laisse passer les gaz et ne se fissure pas. En outre, elle ne se dessèche pas. On peut prendre comme proportions une partie de silicate de soude à 33 pour 100 et 2 parties d'acide sulfurique de poids spécifique 1,53. On mélange avec soin et l'on obtient, après avoir décanté l'acide en excès, cette sorte de pierre ponce imprégnée d'acide de poids spécifique 1,45 environ. La concentration peut être ensuite abaissée comme on le désire par addition d'eau. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Piles : DECKER ELECTRIC MANUFACTURING CY. BP. 18951, 1906 (plaques de piles). — FRANCOMBE. BP. 2106, 1906 (dispositif thermo-électrique). — GERSABECK. BP. 22132, 1906. — HITE. USAP. 858391 et 858392, 23 et 28 déc. 1905 (pile primaire). — RUTER. BP. 2877, 1907 (piles). — SCHALOW. BP. 28015, 1906 (valves pour batteries galvaniques). — SEGNITZ et PARKES. BP. 15200, 1906 (piles). — TORLEY (DE). BF. 378306, 22 avril 1907 (procédé de fonctionnement des piles primaires).

[1] *Bulletin municipal officiel* du 24 mars 1906.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

GRUES ÉLECTRIQUES.

L'accroissement continu du tonnage des navires de guerre et de commerce a conduit les ateliers de constructions navales à établir de puissants engins de levage pour la manutention des pièces lourdes de ces navires : canons, chaudières, turbines, etc. D'autre part, le capital énorme que représentent les grands navires de commerce actuels a forcé les armateurs à demander à ces navires un service intensif qui a exigé à son tour la création dans les ports de puissants engins de déchargement et de chargement. Aux grues mues à bras d'homme il a fallu substituer des grues à vapeur. Mais, pour les mêmes raisons qui ont amené dans les petits ateliers le remplacement des moteurs à vapeur par des moteurs à air comprimé, à eau ou électriques alimentés par un réseau de distribution, on a été amené à substituer aux grues à vapeur des grues empruntant leur force motrice à un réseau de distribution d'énergie. Tout d'abord, l'industrie électrique étant alors à peine née, on eut recours à l'eau sous pression. Toutefois la commande hydraulique ne tarda pas à trouver une concurrence sérieuse dans la commande électrique et aujourd'hui cette dernière paraît près de l'emporter sur sa rivale.

Ce développement rapide de l'emploi des grues électriques a eu pour conséquence la publication d'un grand nombre de descriptions de ces appareils, de discussions sur leurs qualités et leur rendement. Ce sont ces publications que nous nous proposons de résumer dans cet article où nous passerons en revue les types de grues aujourd'hui les plus répandus, puis nous examinerons les conditions que doivent remplir leurs organes de manœuvre et de sécurité et terminerons par la comparaison des grues hydrauliques et des grues électriques. Toutefois, nous devons nous borner aujourd'hui, par suite des nécessités de la mise en pages, aux quelques renseignements suivants sur deux grues de grande puissance récemment installées.

Grue des Chantiers navals Brown and C°, à Clydebank (1). — Cette grue, construite par les Établissements sir William Arrol and C°, de Glascow, en collaboration avec MM. Stothert and Pitt, de Bath, est du type à pylône fixe et volée horizontale (*fig.* 1 et 2). Elle dessert le bassin des Chantiers Brown and C° où sont armés les grands navires tels que le *Lusitania* et le *Mauritania* qui ont été construits dans ces chantiers et est destinée à manutentionner les grosses chaudières, les enveloppes et les rotors de turbines à vapeur, etc., dont le poids dépasse quelquefois 100^t.

Comme le montrent les figures, cette grue se compose d'un pylône en treillis très robuste, de forme carrée, portant à sa partie supérieure un chemin de roulement circulaire sur lequel s'appuie, par l'intermédiaire de galets coniques, une volée constituée par une poutre horizontale dissymétrique équilibrée, également en treillis, à membrure supérieure rectiligne; sur la poutre roule un chariot auquel sont fixés deux crochets de levage; à l'arrière, c'est-à-dire à l'extrémité du petit bras, se trouvent un contre-poids d'équilibrage et les moteurs électriques actionnant le chariot et les crochets. Ces moteurs, ainsi que ceux qui communiquent le mouvement de rotation à la volée, sont commandés d'une cabine suspendue à l'une des poutres doubles principales du grand bras de la volée.

Le pylône est à section carrée de $12^m,20$ à la base et de $10^m,41$ au sommet; sa hauteur est de $38^m,40$ au-dessus du niveau du quai. La volée a une longueur de $73^m,15$, dont $45^m,72$ pour le grand bras portant les crochets et $27^m,43$ pour le petit bras; sa hauteur maximum est de $7^m,875$; cette hauteur se réduit à $4^m,51$ à l'extrémité du petit bras et à $2^m,083$ à l'extrémité du grand bras; sa largeur est de $5^m,42$. Le chariot circule sur quatre rails, dont la cote au-dessus du quai est de $48^m,70$; il est muni de 12 roues à gorge prenant appui par groupes de trois sur chacun des rails.

Le crochet principal C (*fig.* 2) peut lever une charge maximum de 150^t anglaises de 1016^{kg} au bout d'un bras de levier de $25^m,90$; ce même crochet peut porter une charge de 120^t à l'extrémité d'un bras de levier de $30^m,50$, une charge de 100^t à $34^m,76$ et une charge de 80^t à $40^m,60$. Le crochet auxiliaire C' peut porter une charge maximum de 30^t et parcourir toute la longueur utile de la volée. La distance minimum du crochet à l'axe de la grue est de $9^m,75$ et la hauteur maximum dont les crochets se déplacent est de $43^m,58$ dont $9^m,14$ au-dessous du niveau du quai.

Les deux câbles du crochet principal ont 125^{mm} de circonférence et viennent s'enrouler sur un tambour T de $3^m,05$ de diamètre, actionné par deux moteurs de 50 chevaux par l'intermédiaire d'un renvoi à engrenages à deux vitesses et à train baladeur et d'un deuxième renvoi retardateur à engrenages, dont l'arbre porte deux roues dentées attaquées directement par les pignons des moteurs. Sur ce dernier arbre, sont calés quatre freins, indépendants l'un de l'autre, qui empêchent automatiquement la charge de retomber, en cas d'interruption de fonctionnement du moteur, et qui permettent de la laisser redescendre par son propre

(1) *Engineering*, t. LXXXIII, 21 juin 1907, p. 803; *Le Génie civil*, t. LI, 12 octobre 1907, p. 385.

Fig. 1. — Grue électrique de 150 tonnes des Chantiers navals Brown and C^{o}, à Clydebank.

poids à une vitesse modérée. Ces quatre freins sont : un frein électrique ordinaire, un frein électrique branché sur les résistances de régulation de vitesse, un frein mécanique commandé par le mécanicien et enfin un frein automatique hydraulique spécial. Ce dernier consiste en deux cylindres hydrauliques à enveloppes de 356^{mm} de diamètre et de 457^{mm} de course, dont les pistons refoulent l'eau à travers une ouverture de sec-



tion réduite et réglable, quand ils sont mus par le tambour entraîné par la charge du crochet, et n'opposent aucune résistance quand le tambour tourne en sens inverse sous l'impulsion des moteurs; le travail absorbé par ce frein hydraulique se transforme en chaleur, et cette chaleur est entraînée, au fur et à mesure de sa production, par un courant d'eau qu'on fait circuler dans les enveloppes des cylindres; ce frein est, paraît-il,

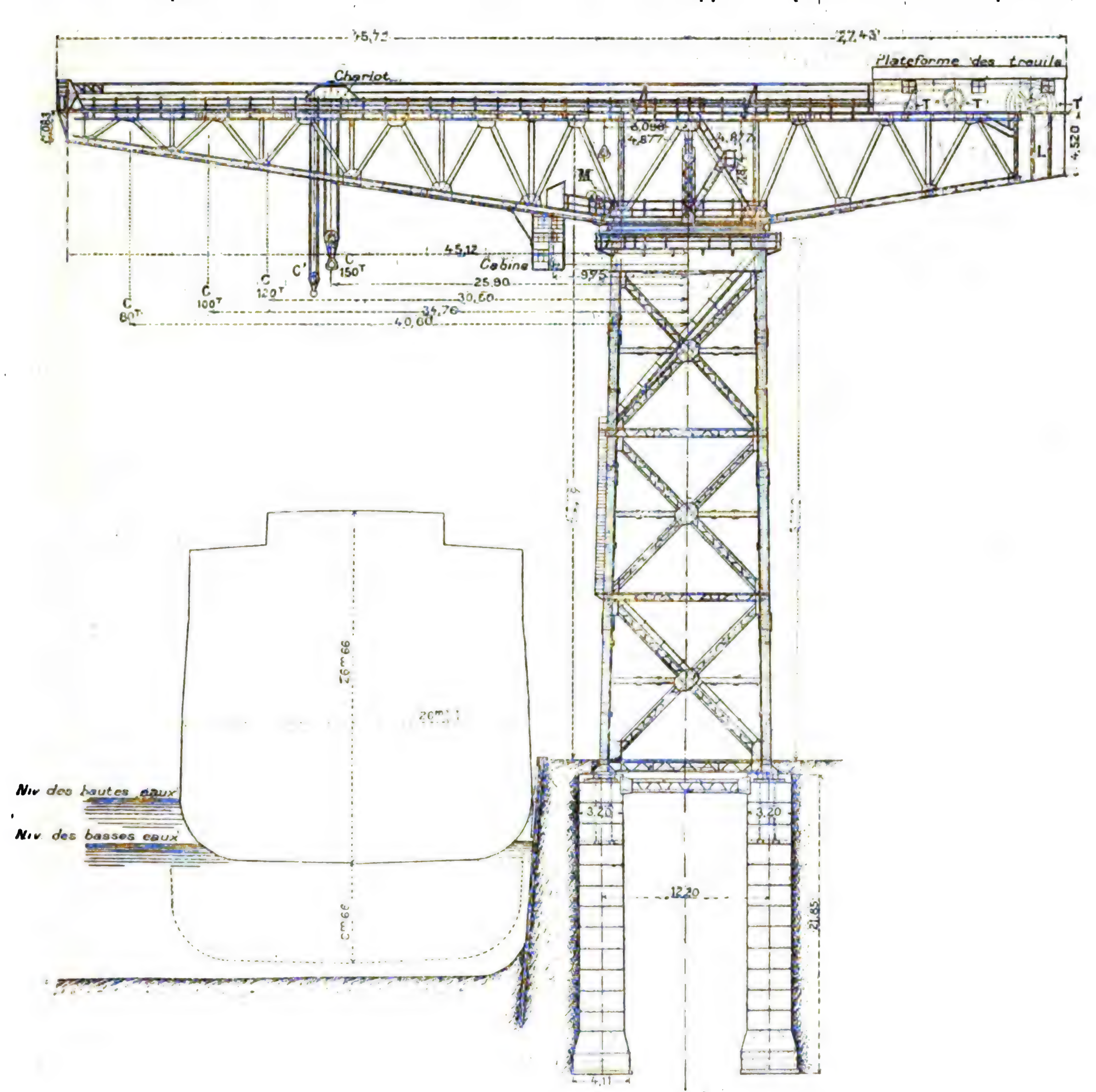


Fig. 2. — Grue électrique de 150 tonnes des Chantiers navals Brown and C°, à Clydebank.

d'une efficacité remarquable. Pour la levée, les deux vitesses que l'on peut obtenir à l'aide du train baladeur sont respectivement 1,5 et 2,25 mètres par minute, les moteurs électriques, alimentés sous 220 volts, faisant alors 350 tours par minute et le tambour T, 0,92 et 1,4 tour par minute.

Le crochet auxiliaire C′ est suspendu par deux câbles de 52mm,8 de circonférence s'enroulant sur le tambour T′ de 1m,370 de diamètre. Ce tambour est actionné par un seul moteur de 50 chevaux, permettant d'avoir, au moyen d'un train baladeur, deux vitesses de levée de 3,75 et 15 mètres par minute. Trois freins, deux électriques et un mécanique, permettent de régler le mouvement de descente.

Le mouvement de translation du chariot est obtenu au moyen du treuil T', de $0^m,685$ de diamètre, sur lequel s'enroulent en sens inverses deux câbles fixés respectivement aux deux extrémités du chariot; l'un passe sur une poulie de renvoi située à l'extrémité de la volée; on peut avoir deux vitesses de translation, l'une de 12, l'autre de 30 mètres par minute; un seul frein électrique sert à l'arrêt.

Le mouvement de rotation de la volée se fait à la vitesse angulaire de 0,1 ou 0,2 tour par minute suivant la charge.

Les essais de cette grue eurent lieu le 24 avril dernier et furent entièrement satisfaisants. Une charge totale de 160^t anglaises fut soulevée au bout d'un bras de levier de $29^m,50$ et la vitesse de levée atteignit 1,45 mètre par minute. Cette charge fut ensuite descendue au moyen du frein hydraulique et put être arrêtée à volonté dans une position quelconque.

Grue de la Tranmere Bay Development, à Birkenhead (¹). — Construite par les établissements Bechem et Keetman, à Duisbourg (Allemagne), cette

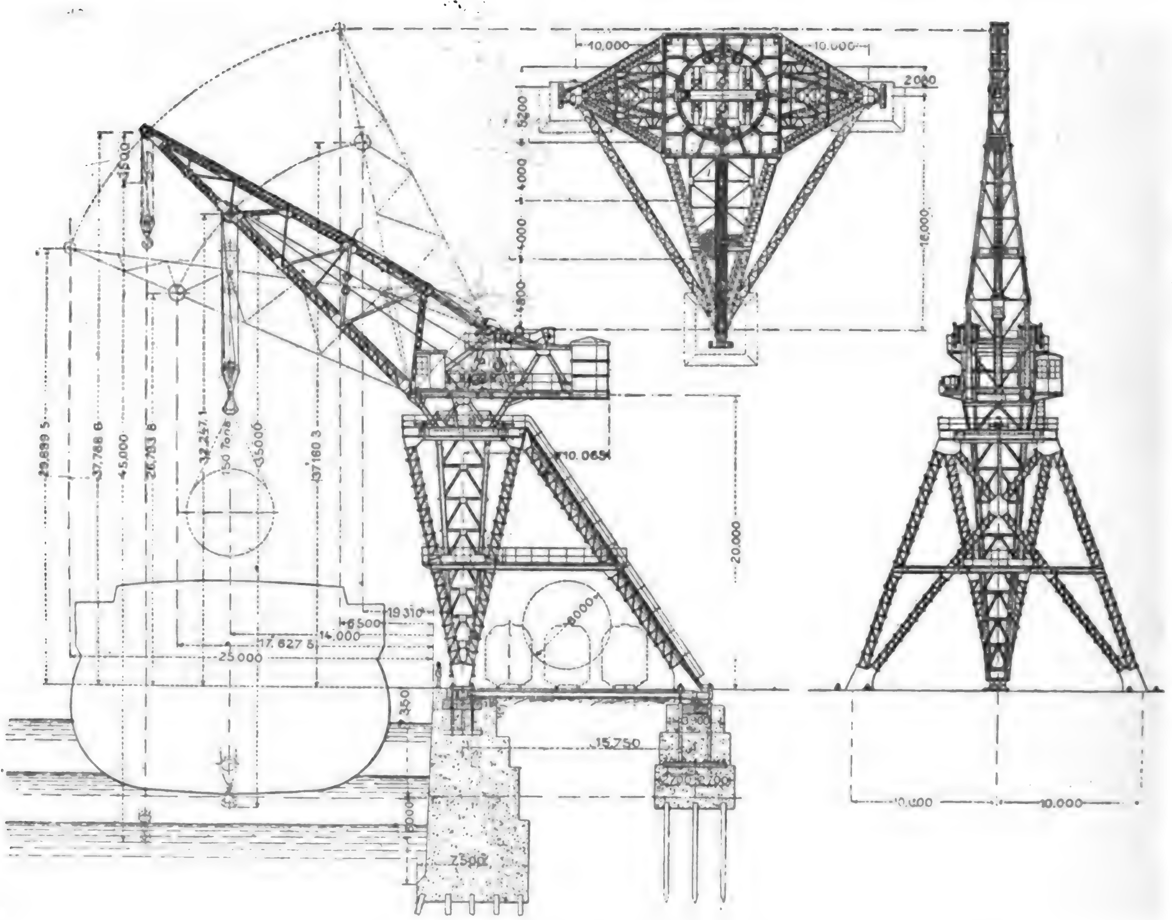


Fig. 1. — Grue électrique de 150 tonnes de la Tranmere Bay Development, à Birkenhead.

grue est du type à tourelle fixe et à volée basculante (*fig.* 1), de même que celle dont l'Allemagne vient de doter son port chinois de Tsing-Tao.

La tourelle fixe est formée d'une charpente métallique affectant la forme d'un tétraèdre coupé dont les arêtiers reposent par trois pieds sur des plaques de fondation. La partie supérieure de la tourelle sert de guide au pylône supportant la volée; ce pylône est un cône renversé dont le sommet repose sur un pivot solidement ancré dans un bloc de béton à 2^m en arrière du bord du quai. La partie supérieure du pylône, au-dessus de la plate-forme de la tourelle, s'élargit pour former une nouvelle plate-forme où sont installés les treuils, contrepoids et la cabine de manœuvre; un peu au-dessous est une autre plate-forme où sont placés, diamétralement opposés, deux moteurs électriques de 12,5 chevaux produisant le mouvement de rotation; au-dessus est une troisième plate-forme où sont montés les appareils de manœuvre de la volée. Celle-ci, constituée par une poutre en treillis, est articulée sur deux tourillons et est retenue par deux grosses vis-tirants dont le

(¹) *Engineering*, t. LXXXIII, p. 737; *Revue industrielle*, t. XXXIII, 5 octobre 1907, p. 303.

mouvement de rotation règle le degré d'inclinaison. La plate-forme des treuils et cabine de manœuvre est à 20^m au-dessus du sol du quai. La volée porte deux crochets pouvant soulever, l'un 150 tonnes, l'autre 50 tonnes. Le premier est à 26^m,80 au-dessus du quai quand la volée est abaissée et à 37^m,16 quand elle est relevée; sa portée est comprise entre 17^m,62 et 4^m,93. Le crochet de 50 tonnes peut être amené à des hauteurs comprises entre 43^m et 29^m,90; sa portée est comprise entre 25^m et 6^m,50.

Les treuils de 50 et 150 tonnes sont commandés par un même moteur électrique de 110 chevaux, à courant continu sous 500 volts et faisant 480 t:m. Ce moteur, du type cuirassé, est à quatre pôles dont deux seulement portent des bobines inductrices; sa carcasse est en deux parties, ce qui en facilite la visite. Le régulateur de vitesse est muni de plusieurs touches permettant la marche à diverses vitesses, le freinage électrique et le freinage mécanique par un frein à bande agissant sur l'arbre commun aux deux treuils. Le mouvement de cet arbre est transmis à l'un ou l'autre des treuils au moyen d'un embrayage à main; mais, comme ces embrayages ne sont pas irréversibles, chacun des tambours des treuils est muni d'un frein automatique à bande et à contrepoids. Chaque treuil comporte deux tambours sur lesquels s'enroulent les deux brins des câbles supportant les crochets; le câble du crochet principal a 46^{mm} de diamètre et est formé de 6 torons de 37 fils d'acier de 2^{mm},2 avec âme en chanvre; celui du crochet auxiliaire a un diamètre de 34^{mm} et est formé de 6 tours de 37 fils de 1^{mm},6 avec âme en chanvre. La vitesse de levée du grand crochet est de 2,44 mètres par minute à vide et de 1,51 mètre par minute avec une charge de 150 tonnes; celle du petit crochet est 9,15 mètres par minute sans charge et de 5,80 mètres par minute avec charge de 50 tonnes.

Un tour complet du pylône, commandé comme nous l'avons dit, par deux moteurs de 12,5 chevaux, s'effectue en 5 à 7 minutes. Un moteur de 57 chevaux actionne les deux vis-tirants permettant de modifier l'inclinaison de la volée; il est muni d'un frein à bande commandé électromagnétiquement; le relèvement de la volée avec la charge de 150 tonnes demande 10 à 15 minutes.

BREVETS RÉCENTS.

Machines et appareils : LANNING. BP. 10518, 1907 (aimants). — LAUBE. BP. 4340, 1907 (boussole). — LERTOURNE. BF. 377483, 4 mai 1907 (dispositif permettant d'obtenir le synchronisme de plusieurs mouvements). — LORIMER. USAP. 862084, 22 juillet 1902 (relais). — MATHELOT et GENTILHOMME (SOCIÉTÉ). BF. 877467, 30 avril 1907 (dispositif permettant d'obtenir le synchronisme des mouvements entre deux mobiles). — MESTON. USAP. 860046 (mécanisme). — MITCHELL. BP. 24239, 1906 (machines à imprimer). — MORGAN CRUCIBLE CY. BP. 19704, 1906 (balais). — NORTHEY. USAP. 864909, 9 juillet 1906 (dispositif électromagnétique pour produire le son). — ORLING. BP. 10327, 1906 (appareil électrocapillaire). — OGLE. USAP. 861761, 23 fév. 1907 (avertisseur d'incendie). — PEYRECAVE (DE). BP. 602, 1907 (horloge électrique). — PREVETTE. BP. 20182, 1906 (avertisseur électrique). — PRIEST et BRING. USAP. 863556 (compresseur d'air). — RAVENSHAW, MIDDLETON et TOWNSEND. BP. 14517, 1906 (accouplements magnétiques). — REINERS. USAP. 861915, 9 avril 1907 (signal pour ascenseurs). — RICHARDS et TOLMAN. USAP. 861990 (gouvernail à commande électrique). — ROBERTSON. USAP. 865059, 29 avril 1907 (moyen pour fixer des brosses en crin aux balais en charbon). — ROSE CROWLE. BP. 2983, 1906 (cibles). — ROUTIN (SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES PROCÉDÉS). BF. 378152, 24 mai 1907 (régulateur automatique). — SAINT-AUBIN. BP. 21829, 1906 (boussoles). — SIEMENS BROS AND C° et FERRERA. BP. 21965, 1906 (manœuvre des aiguilles). — SPRUNG. BP. 2491, 1906 (roues de bicyclettes). — STEBBINS. BP. 26537, 1906 (régulateur). — STEWART. USAP. 864344, 20 mai 1903 (contrôleur automatique pour compresseurs de gaz). — STRUBLE. USAP. 863667, 18 fév. 1907 (relais). — THOMAS. BF. 377358, 2 mai 1907 (perfectionnements dans les systèmes destinés à faire fonctionner les appareils électriques). — THOMSON-HOUSTON (ATELIERS). BF. 377952, 18 mai 1907 (perfectionnements aux laminoirs commandés électriquement). — THULLEN. USAP. 863238, 30 mars 1906 (indicateur pour aiguilles de chemins de fer). — TILNEY. BP. 15988, 1906 (régulateurs). — TURNER et BERNITT. USAP. 861560, 7 mars 1906 (résistance de chauffage pour pianos et orgues). — UNTERBERG et HELMLE. BP. 7033, 1906 (verrouillage pour magnétos). — WAIT. USAP. 861782, 20 mars 1905 (séparateur magnétique). — WALKER. BP. 17272, 1906 (avertisseur d'incendie). — WALTHER. BP. 5999, 1907 (thermomètre). — WALLACE. USAP. 863335, 13 déc. 1906 (régulateur de vitesse consistant en deux disques tournant autour d'un centre commun). — WARING USAP. 863956 (commande électrique des machines à découper). — WENWORTH. USAP. 859998 (séparateur électrostatique). — WESTPHALL. USAP. 862225, 7 avril 1906 (régulateur de température). — WHITTLESEY. USAP. 866105, 13 sept. 1905 (récepteur). — WICHLER et RENNERT. BP. 15859, 1906 (déplacement électrique de machines-outils). — WILLIAMS. USAP. 864348, 21 juillet 1905 (crampon pour machine électrique à souder). — WLAAT. USAP. 866550 (valve contrôlée électriquement). — ZINTH. BP. 2019, 1907 (sonnette pour portes).

Signaux : CAMORS et PELLETIER. USAP. 866331, 1er mai 1906 (signal pour voitures motrices). — CHAPMAN. USAP. 865013, 24 janvier 1906 (signal pour block-système). — CLEAVLAND. USAP. 863509, 8 avril 1907 (signal pour block-système consistant en deux conducteurs parallèles à la voie). — FLORA. USAP. 863569, 18 juin 1906 (signal). — FOSTER. USAP. 863913, 25 avril 1907 (signal actionné d'une station à la suivante). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 20542 et 23686, 1906 (signaux). — HOWELL. USAP. 865781, 25 juin 1906 (signal pour tramways). — JONES. USAP. 863609, 3 déc. 1906 (signal électrique commandé par le train en marche). — JORDAN. USAP. 866281, 14 juin 1905 (signal électromagnétique). — KIDNEY. USAP. 863924, 28 mai 1907 (signal par téléphone). — LARSON. USAP. 864971, 9 juin 1906 (signal consistant en un timbre électromagnétique). — LORENZ. BP. 16627, 1906. — MAUGH et WELCH. BP. 708, 1907. — MECHAN AND SONS LTD, SMITH et ANNING. BP. 22946, 1906. — OVIATT, LATIMER et GRUNOW. USAP. 860561, 2 août 1906 (système de signaux disposés à l'extrémité de chaque section). — PORTMAN. USAP. 863775, 8 juin 1906 (appareil de contrôle pour signaux de chemins de fer). — RAYNER et FRASER. BP. 16971, 1906. — REED. USAP. 863875, 4 août 1906 (signal téléphonique). — SALMOND. USAP. 863452 (signal de sûreté). — SMART. USAP. 861772, 13 juillet 1906 (système sémaphorique actionné électriquement). — SOHM. USAP. 862209, 22 sept. 1906 (signaux). — SPANG. USAP. 860915, 22 sept. 1902 (signaux de chemins de fer). — THULLEN. USAP. 863332, 24 mars 1906 (dispositif électromagnétique pour indiquer l'approche, le départ ou la présence d'un train sur une section de la ligne).



TRACTION ET LOCOMOTION.

L'ÉVOLUTION ACTUELLE DE LA TRACTION ÉLECTRIQUE.

Il y a déjà quelques années, on a envisagé la possibilité d'obtenir par la réduction de la fréquence un fonctionnement satisfaisant du moteur monophasé à collecteur, déjà abandonné autrefois, avec les fréquences plus élevées des réseaux d'éclairage.

Cette solution semblait devoir renouveler la traction électrique en lui ouvrant des applications aux grandes distances, difficiles à réaliser avec le courant continu. Les chemins de fer suburbains et interurbains, tout d'abord, les chemins de fer de grands réseaux, par la suite, devaient pouvoir s'électrifier commodément grâce au nouveau système.

Depuis lors, sous différentes formes, ou tout au moins sous différentes dénominations, le moteur monophasé a reçu quelques applications (pour la plupart décrites dans la presse technique) et a été l'objet d'études théoriques très savantes et très nombreuses (¹). Les difficultés que l'on prévoyait pour le facteur de puissance et la bonne commutation ont été l'objet de solutions diverses justifiées par des théories variées.

Après des efforts aussi considérables, la question devrait être aujourd'hui entièrement résolue, au moins dans ses grandes lignes, et ne plus comporter que des difficultés ou des incertitudes de détail. On pense généralement, au moins en Europe, qu'il en est ainsi (²).

Cependant en Amérique, où la traction par courant monophasé a donné lieu aux premières et aux plus importantes installations, tout semble remis en question, si l'on s'en rapporte aux dernières polémiques soulevées par M. Sprague à propos de la comparaison entre les locomotives électriques du New-York Central Railway et du New-York and New-Haven Railway.

Les critiques de M. Sprague s'appuient sur des résultats d'expérience qui, jusqu'ici du moins, n'ont pas été contredits (³); elles peuvent être résumées ainsi : Le moteur monophasé, en plus des inconvénients que peut présenter son collecteur, a le grave défaut de chauffer beaucoup plus vite que le moteur continu à puissance égale et dans des conditions identiques; on ne peut donc lui demander les mêmes efforts qu'au moteur continu que pendant un temps beaucoup plus court ou, si l'on préfère, on ne peut lui demander pendant le même temps qu'un effort beaucoup plus faible; cet inconvénient est surtout marqué pour la production des grands efforts de traction en démarrage. Un second inconvénient, évidemment moins grave, est qu'il demande une plus grande intensité pour le même effort de traction. Enfin, il a été observé, sur les lignes où certaines parties sont alimentées en courant continu et d'autres en courant alternatif, que, sur les points du réseau alimentés en continu, la majeure partie des inconvénients du moteur disparaît, l'effort de traction à intensité égale augmente, l'échauffement diminue, et enfin le ralentissement du moteur par l'effort qu'il produit diminue dans une proportion considérable (¹).

On peut se demander si les documents assez nombreux qui ont été publiés sur ce genre de moteurs permettaient de prévoir les inconvénients signalés. Nous allons montrer que, ainsi que nous l'avions reconnu depuis quelque temps déjà, cette prévision était possible.

Ensuite, nous indiquerons et discuterons la solution proposée par M. Sprague pour remédier aux inconvénients de la traction monophasée, puis nous examinerons la ou plutôt les solutions qui nous paraissent préférables.

I. COMMENT LES INCONVÉNIENTS DES MOTEURS MONOPHASÉS A COLLECTEUR POUVAIENT ÊTRE PRÉVUS. — 1. Les caractéristiques publiées montrent déjà que, à puissance égale, les pertes d'un moteur monophasé sont beaucoup plus considérables que celles d'un moteur continu ordinaire. Cette comparaison n'est évidemment pas absolument concluante, au point de vue de l'échauffement, puisque, en regard des pertes, il faut mettre la capacité de refroidissement des appareils examinés. Il n'en est plus de même, si l'on compare entre elles les caractéristiques d'un même moteur fonctionnant tantôt en courant monophasé, tantôt en courant continu : la comparaison montre nettement que les pertes et les élé-

(¹) *Voir*, dans la *Revue électrique*, en particulier l'article d'ensemble de M. JACQUIN, *Les moteurs monophasés à collecteur*, t. V, mai et juin 1906, p. 257, 294, 321 et 353.

(²) En Europe, presque tous les constructeurs s'occupant de traction font des moteurs monophasés de différents types. En Amérique, la compagnie Westinghouse et la General Electric sont les seules firmes qui les proposent et encore la General Electric paraît-elle avoir abandonné si l'on s'en rapporte à sa publicité.

(³) *Street Railway Journal*, 25 mai 1907, p. 907 et suiv.

(¹) Cette augmentation de puissance en passant au continu est, paraît-il, très sensible sur le New-York and New-Haven Railway.

vations de température de régime à charges égales sont presque doubles; le rapport des pertes et celui des échauffements est d'ailleurs d'autant plus grand que le couple demandé est plus considérable.

Essayons de montrer qu'il est facile, sans entrer pour le moment dans le détail d'aucun calcul, de justifier, par des considérations *a priori*, cette infériorité du moteur monophasé vis-à-vis du moteur continu.

2. Pour commencer, afin de simplifier un premier examen, supposons que la fréquence soit assez faible pour qu'elle ne donne lieu à aucun phénomène d'induction. Nous pourrons alors admettre comme moteur un moteur ordinaire à courant continu. Si la perméabilité du circuit magnétique était constante et que le champ fût proportionnel au courant, le couple serait proportionnel au carré de l'intensité (caractéristique parabolique). Dans ces conditions, le moteur alimenté avec une intensité périodiquement variable donnerait un couple proportionnel à la moyenne du carré des intensités, c'est-à-dire au carré de l'intensité efficace, et il n'y aurait aucune différence entre la caractéristique du moteur alimenté en courant continu ou en courant monophasé.

L'expérience montre, au contraire, que, par suite de la saturation graduelle des fers, la caractéristique du moteur continu n'est nullement une parabole, mais se rapproche au contraire beaucoup d'une droite; son couple est donc à peu près proportionnel à l'intensité. Dès lors, le couple en courant alterné ne sera plus que proportionnel à la moyenne des intensités d'une demi-période. Cette moyenne est inférieure à l'intensité efficace mesurée; la caractéristique de couple en fonction de l'intensité efficace sera donc plus défavorable avec le courant alternatif. Par suite, les pertes dans le cuivre, proportionnelles au carré de l'intensité efficace, seront relativement plus grandes.

3. Si maintenant nous passons au cas pratique où la fréquence est suffisante pour que les effets d'induction atteignent des valeurs gênantes, nous verrons que, les perturbations d'une part, les compensations que l'on doit leur apporter d'autre part concourent également à augmenter les pertes sans aucun bénéfice de puissance.

La self-induction totale des circuits introduit une tension en quadrature avec l'intensité qui diminue le facteur de puissance et qui, produisant un effet analogue à celui d'une résistance insérée en circuit, augmente la chute de vitesse et diminue le couple possible au démarrage pour une tension donnée. On doit donc réduire au minimum possible la valeur de ce coefficient de self-induction.

Or, ce coefficient de self-induction est approximativement la somme des coefficients relatifs aux inducteurs d'une part, et à l'induit de l'autre. Mais il est évident qu'un tour sur les inducteurs, qui font partie d'un circuit magnétique de réluctance faible, donne une self-induction beaucoup plus grande qu'un tour sur l'induit dont le circuit magnétique de réaction est d'une réluctance aussi grande que possible. On sera donc conduit à employer des tours-inducteurs très inférieurs aux tours induits, alors qu'on sait que la proportion la plus favorable est obtenue avec des valeurs approximativement égales pour les deux enroulements.

4. Une autre conséquence de ce défaut de proportions est évidemment une augmentation notable de la réaction d'induit que l'on est obligé de compenser par des circuits auxiliaires. Ces compensations, quel qu'en soit le système, ont toujours pour objet d'introduire dans le stator des ampères-tours égaux et antagonistes à ceux du rotor. Ces circuits, embrassant à peu près le même espace que ceux de l'induit, emploieront à peu près le même poids de cuivre, et par conséquent seront la cause d'une nouvelle perte par effet Joule approximativement égale à celle de l'induit. Quand la compensation est faite uniquement sous forme de circuits en série, cette cause de perte est la même en continu et en alternatif; la seule différence est celle qui résulte de la différence des intensités efficaces correspondant aux mêmes puissances. Mais, en général, tout ou partie de la compensation est faite par induction et ne paraît plus au compte des pertes quand on passe au courant continu.

5. Dans la marche à courant monophasé, il y a enfin une cause de pertes qui ne peuvent se retrouver en continu et qui viennent augmenter considérablement l'échauffement total; tandis qu'en continu il n'y a d'autres pertes à prévoir dans les tôles que celles d'induit, en monophasé il faut prévoir, d'une part, une majoration des pertes d'induit et, d'autre part, les pertes de tôle des inducteurs.

En continu, en effet, les pertes dans les tôles de l'induit sont dues uniquement à la fréquence résultant de la vitesse de rotation. Cette vitesse décroît toutes les fois que, par suite d'un effort plus grand à produire, l'intensité et le champ augmentent. Aussi, en pratique, cette perte diminue jusqu'à s'annuler pour les démarrages.

En courant alternatif, l'effet de la variation de courant peut être assimilé, comme on le sait, aux effets de deux champs tournant en sens inverse. Il en résulte que la fréquence à compter en moyenne reste à peu près constante. La valeur du champ, en revanche, augmente très rapidement avec l'intensité, de sorte que l'on a une perte beaucoup plus grande principalement avec les grands couples et au démarrage.

Tandis qu'en continu les inducteurs ne donnent lieu à aucune perte, en alternatif, ils sont soumis à la même fréquence et à la même saturation que l'induit. Leurs poids sont comparables et, par suite, les pertes générales dans les fers sont approximativement le double en monophasé de ce qu'elles sont en continu, avec cette circonstance aggravante qu'elles sont plus fortes aux faibles vitesses et aux grands couples.

6. Enfin, le collecteur lui-même se trouve en monophasé dans des conditions défavorables qui, indépendamment des détériorations qu'elles entraînent, augmentent les courants de circulation sous balais et l'échauffement du collecteur. Si l'on y ajoute les pertes spéciales dans les connexions résistantes ou dans les dispositifs équivalents, on voit que, au total, les pertes de commutation sont très considérablement augmentées par l'emploi du monophasé.

En résumé, cet examen rapide nous montre que, en

moyenne, le moteur monophasé est deux fois moins puissant à égalité d'échauffement, marchant en monophasé que marchant en continu. Il n'est d'ailleurs pas en continu dans des conditions particulièrement favorables, bien au contraire. A égalité de condition de construction et d'artifices de refroidissement, la supériorité du moteur uniquement continu est absolument écrasante.

7. Il ne s'ensuit pas nécessairement que ces inconvénients apportent toujours une gêne dans le service. Dans bien des applications où l'on a la place et où l'on peut disposer du poids nécessaire pour avoir des moteurs très largement calculés, le moteur monophasé peut donner un service satisfaisant. Si la ligne est longue et le trafic assez faible, le résultat peut être même très économique par rapport à toute autre solution. Cela explique peut-être pourquoi, jusqu'ici, les moteurs monophasés paraissent avoir donné satisfaction en Europe.

Il en a été de même, en fait, en Amérique tant que l'on n'a pas eu en vue le service intensif, et surtout les grosses locomotives. Les premières installations d'interurbains, malgré l'entretien plus onéreux des moteurs, que l'on ne peut nier, n'ont pas donné de résultats d'exploitation inférieurs aux installations par sous-stations continues; les réparations en plus compensent la surveillance en moins.

Quand on a voulu aller plus loin, et s'attaquer à la grande traction des trains lourds, les inconvénients devaient ressortir et la nouvelle solution ne pouvait aboutir qu'à de graves désillusions. Elle est à notre avis nettement inférieure pour cet usage aux solutions polyphasées de la Valteline et du Simplon qui ont, au moins, pour elles l'avantage d'une très grande puissance spécifique et d'un entretien très peu onéreux. Les seuls reproches qu'on ait jamais pu leur faire se rapportent plutôt à des incommodités qu'à des inconvénients réels.

II. Les solutions diverses des problèmes de traction. — 1. En même temps qu'il expose ses critiques, M. Sprague indique la solution qu'il croit préférable. Il est assez curieux que cette solution soit la reprise de la solution déjà proposée, il y a bien longtemps, par Ward-Léonard. M. Sprague propose en effet de conserver les locomotives continues ordinaires, qui donnent entière satisfaction, et de les alimenter par une sous-station roulante placée dans un fourgon distinct ou dans la locomotive même. D'après les études qui accompagnent ce projet, il semble, pour le moment tout au moins, que l'appareil de transformation prévu sera une commutatrice. Ce qui achève de rendre cette proposition au premier abord singulière, c'est qu'elle vient au moment où les ateliers d'Œrlikon semblent l'abandonner après l'avoir assez longuement expérimentée.

Nous croyons que l'écueil de cette solution réside dans les conditions spéciales d'alimentation imposées pour des raisons de sécurité à la prise de courant. On sait qu'une exploitation de traction n'est pratiquement possible qu'avec une protection efficace contre les causes accidentelles de surcharge exagérée et de court-circuit. Cette protection est obtenue par les disjoncteurs de feeders et par le sectionnement de la ligne. L'un et l'autre dispositif entraînent très fréquemment des interruptions momentanées du courant d'alimentation. Ces interruptions sont d'ailleurs la plupart du temps tout à fait imprévues, et il ne faut pas que le mécanicien de la locomotive ait à s'en préoccuper outre mesure.

Les systèmes de transformation qui, comme celui expérimenté par Œrlikon, comprennent un appareil mécaniquement synchrone ne peuvent résoudre cette difficulté particulière. Toute interruption de courant, même de très courte durée, entraîne le décrochage. A la reprise, la mise en circuit d'un récepteur encore excité et non synchronisé équivaut à un court-circuit sur tension double; il en résulterait des accidents extrêmement graves, s'il n'y avait pas d'appareil de sécurité. Un appareil automatique empêchant la mise en circuit éviterait ces accidents, mais il est beaucoup moins facile d'imaginer un système destiné à remettre la machine au synchronisme; en pratique il faudrait que le mécanicien ou son aide consacre à une nouvelle synchronisation un temps et une attention qui ne sont pas toujours disponibles.

2. Nous croyons en conséquence que l'on va à un échec certain si l'on essaie d'opérer la transformation avec des appareils strictement synchrones tels que les moteurs synchrones dynamos ou les groupes transformateurs-abaisseurs, commutatrices. Il faudra évidemment en passer toujours par un organe synchrone pour réaliser le redressement du courant, mais il est indispensable que les champs d'induction soient indépendants de ce déplacement mécanique, et aussi que le moteur du redresseur soit à synchronisation rapide et automatique. Les appareils à clapets, électrolytiques, à mercure, ou de toute autre nature, seraient à ce point de vue extrêmement favorables; malheureusement on ne peut songer à constituer la totalité de la charge d'un réseau avec des appareils qui introduisent des discontinuités aussi brutales dans la courbe d'intensité. Il ne paraît pas possible d'assurer l'isolement d'un réseau dans ces conditions étant donné les surtensions continuelles qui seraient la conséquence inévitable de ces discontinuités.

En définitive la solution n'est possible qu'en employant des permutatrices, dénomination générale dans laquelle nous comprenons les appareils de M. Leblanc, de M. Auvert [1], et de MM. Rougé et Faget [2]. Tous ces appareils ont cela de commun que, commutation mise à part, il n'y a aucun inconvénient à les mettre brusquement sous courant parce que les forces électromotrices qu'ils opposent au réseau primaire sont dues uniquement au déwatté, et par conséquent instantanément synchrones. Il est à remarquer que ni M. Leblanc ni M. Auvert ne se sont préoccupés de la synchronisation automatique du moteur de redressement. Ce perfectionnement nécessaire serait d'ailleurs très facile à réaliser.

3. Quel que soit l'appareil adopté, il est nécessairement dépourvu de réservoir d'énergie sous forme mécanique

[1] Voir *La Revue électrique*, t. V, 30 janvier 1906, p. 46.
[2] Voir *La Revue électrique*, t. III, 30 janv., 28 fév., et 15 avril 1905, p. 33, 97 et 196.



et, par conséquent, au rendement près, il y aura égalité non plus entre les puissances moyennes primaires et secondaires, mais entre les puissances instantanées. En monophasé, par conséquent, on obtiendra du courant seulement redressé et non du courant continu. Ce résultat est d'ailleurs bien mis en évidence dans les essais qui ont été publiés de l'appareil de M. Auvert [1].

Indépendamment de la diminution de puissance spécifique et des difficultés de réalisation que présente le redresseur monophasé, le courant qu'il fournit, périodiquement variable, entraînera nécessairement dans un moteur série la diminution de puissance spécifique que nous avons signalée pour le moteur monophasé à fréquence faible. Cette diminution est évidemment moins importante que celle que subirait le moteur alimenté directement en monophasé. Il est cependant intéressant de l'éviter, surtout, si c'est possible, dans les circonstances où l'on a besoin de la plus grande puissance. Or, en chemin de fer, l'effort de traction étant limité par l'adhérence, la pleine puissance est surtout nécessaire en pleine voie principalement en rampe. En ces points, bien que la ligne polyphasée soit plus compliquée, elle ne présente en réalité, comme l'expérience l'a montré, aucune difficulté de pose ou d'entretien. Les seuls points où elle soit réellement incommode sont les aiguillages et croisements qu'on ne rencontre que dans les gares. Comme ces complications ne se présentent jamais qu'en palier, et qu'on n'a jamais besoin en ces points de la pleine puissance, on peut accepter la diminution qui résulte de l'emploi du courant monophasé seul avec des appareils normalement prévus pour le courant polyphasé.

La solution qui nous paraît le mieux répondre au problème posé comportera donc un appareil transformateur de la classe des permutatrices avec les dispositions nécessaires pour la synchronisation automatique, et pour l'alimentation mixte en monophasé et polyphasé. La ligne aérienne aura deux fils en pleine voie, mais on n'en conservera qu'un seul dans les gares, dépôts, etc., et généralement dans tous les points où les voies sont compliquées.

4. Cette solution générale pourra dans l'application comporter quelques variantes. Tout d'abord, et c'est le système le plus simple, on supposera la locomotive continue munie de tous ses accessoires et alimentée à tension constante; c'est le point de vue des nouveaux projets américains.

Reprenant l'idée de Ward-Léonard, on peut, au contraire, profiter de la transformation pour introduire des procédés de variation de tension du courant continu. On évitera ainsi les complications et les pertes d'énergie que créent les contrôleurs et les résistances habituelles. C'est la solution réalisée avec le groupe moteur des ateliers d'Œrlikon.

On trouve des solutions analogues dans les systèmes de M. Auvert qui emploie un redresseur de courant monophasé en courant ondulé de tension moyenne variable, et le système de M. Faget qui emploie une permutatrice à courant polyphasé ou monophasé avec une variation inductive de la tension. On peut également classer les solutions suivant qu'elles emploient un appareil unique pour l'abaissement de tension et la transformation de courant, ou qu'elles séparent les deux opérations. Il faut noter en passant que les appareils à variation inductive du genre Faget ne sont possibles qu'avec les deux transformations combinées dans une seule machine.

Les machines à tension continue fixe ont l'avantage de permettre l'emploi de locomotives existantes et, par conséquent, la circulation du train sans modification sur des réseaux mixtes alimentés déjà en certains points par le troisième rail.

Les systèmes à tension continue variable ne permettent pas avantageusement cette combinaison.

Les systèmes à transformation par appareil unique ont probablement un certain avantage de poids et de rendement; mais les systèmes à transformateurs abaisseurs permettent des tensions de ligne bien plus élevées et donnent de grandes facilités pour loger dans la voiture des puissances tout à fait considérables.

En résumé, dans cet ordre d'idées, deux groupes de solutions sont en présence : d'une part, abaisseur séparé et tension continue fixe, solution spécialement destinée aux réseaux mixtes où les sections très chargées sont exploitées en continu pendant que des sections très étendues ne sont desservies que par des trains espacés, ce qui demande la plus haute tension possible pour la prise de courant. D'autre part, les appareils uniques marchant avec une tension primaire moyennement élevée, et une tension secondaire variable. Cette solution conviendra plus particulièrement aux réseaux uniformes où la fréquence des trains n'est jamais assez grande pour justifier l'emploi du continu direct, où elle n'est jamais assez faible pour nécessiter des tensions élevées de la ligne de contact.

Dans les deux cas, mais plus particulièrement dans le dernier, le fonctionnement momentané en monophasé sera indispensable pour les aiguillages et les gares, afin de simplifier une ligne aérienne qui, dans le second cas, ne peut plus être pratiquement aidée par le troisième rail continu.

5. Si nous examinons maintenant les diverses solutions qui peuvent être adoptées suivant les circonstances nous trouvons : pour les tramways urbains, les systèmes bien connus avec moteur série à courant continu, contrôle série-parallèle et rhéostatique, commande directe à main ou par multiplage; pour des distances à franchir plus grandes avec plus de flexibilité dans la vitesse, le courant continu à une tension un peu plus élevée, avec moteurs série à pôles auxiliaires et contrôle à la fois par rhéostat, couplage et variation du champ; pour les trains lourds la locomotive continue à tension moyenne, contrôlée par rhéostats et groupements des moteurs, car, le nombre des moteurs étant en général élevé, ce contrôle est suffisant pour assurer avec un peu de variation du champ la flexibilité de la vitesse.

Dans les trois cas, le courant continu est, le plus souvent aujourd'hui, le résultat de la transformation d'énergie électrique engendrée et transportée sous forme de courant polyphasé.

[1] *Voir* les courbes, t. V, 30 janv. 1906, p. 51.



Pour les grandes lignes, la solution par le continu est en somme identique, à cela près que la sous-station convenablement modifiée fait partie du train.

Dans toutes ces solutions on reconnaît le caractère nettement analytique qui caractérise la plupart des procédés industriels modernes. Les différentes solutions, tout en ayant la possibilité de se suppléer et de coexister sur le même réseau, répondent chacune à une application distincte, et comportent une décomposition méthodique des transformations de l'énergie; ce qui facilite singulièrement les solutions partielles.

Le monophasé direct, au contraire, a cela de particulier (à part la faible distinction entre moteurs prévus pour aller aussi sur continu et moteurs prévus uniquement pour alternatif) que la solution proposée est strictement la même quel que soit le problème. On comprend qu'il faudrait une souplesse extrême des appareils employés pour que ce résultat soit atteint. La solution est en outre essentiellement synthétique, le courant est employé sous la forme où il est engendré. Il est produit sous forme alternative pour faciliter l'emploi des hautes tensions et leur transformation, et l'on conserve cette forme dans le moteur où cependant le flux seul du courant est utile, tandis que sa variation périodique est nuisible.

Il semble bien que ce caractère synthétique de la solution monophasée est la raison profonde des difficultés du système. Dans la plupart des branches de l'industrie, les progrès ont toujours été obtenus par la division méthodique des problèmes. Dans la machine à vapeur, par exemple, les séparations de la chaudière, du cylindre et du condenseur furent les premiers progrès. La décomposition de la détente a suivi. Aujourd'hui, la surchauffe, le réchauffage préalable de l'eau d'alimentation, qui sont autant de décompositions méthodiques du travail de la chaudière, ont marqué un notable progrès. La turbine, avec ses étages extrêmement multipliés, n'est que la continuation de ces décompositions, etc. Il ne faudrait cependant pas faire de cette méthode une règle absolue. Les moteurs à explosions sont un exemple saisissant, quoique exceptionnel, d'un échec complet de la méthode. Toutes les tentatives pour séparer la compression, la combustion et la détente ont complètement échoué; seuls les appareils du cycle à quatre temps, qui concentre toutes les opérations dans le même organe, ont donné des résultats pratiques. Mais cette exception est jusqu'ici à peu près la seule.

R. Rougé.

LES MOYENS DE TRANSPORT A LIVERPOOL.

J'ai indiqué, dans des articles précédents, quels étaient les moyens de transport actuels à Paris (¹), Berlin (¹), Hambourg (²), Kiel (²) et Londres (³); je décrirai maintenant les moyens de transport à Liverpool que j'ai visité il y a quelques mois et que je n'avais pas revu depuis 1898.

Liverpool, qui compte 685000 habitants, est l'une des villes les plus importantes de la Grande-Bretagne et a été pendant longtemps le premier port du monde; cette suprématie a été entamée depuis quelques années par le port allemand de Hambourg. Le port de Liverpool, quoique ne donnant pas directement sur la pleine mer, comme Marseille et le Havre, n'est pas non plus un port fluvial tel que Hambourg, Anvers ou Bordeaux; ses bassins s'étendent sur une longueur de 13^{km} dans l'estuaire du fleuve Mersey (voir *fig.* 1), large à cet endroit de 1500^{m} et où la marée se fait sentir fortement.

La ville proprement dite de Liverpool, située sur la rive droite de la Mersey, derrière le port est relativement très étendue, car elle s'avance vers l'intérieur sur une profondeur de 4^{km} à 5^{km}, avec une largeur de 8^{km} environ, et est prolongée, au nord et au sud, par les faubourgs. Sur l'autre rive de la Mersey, la ville de Birkenhead de 107000 habitants constitue en quelque sorte un quartier de Liverpool, car la majeure partie de sa population travaille dans le port de Liverpool ou ses annexes.

Liverpool est desservi par trois grandes gares de voyageurs : Lime street station et Central station, situées au cœur de la ville à peu de distance l'une de l'autre, et Exchange station, plus éloignée. Outre les lignes à voyageurs, servant à la fois aux grands parcours et au service de banlieue, et aboutissant à ces trois terminus, il existe depuis longtemps une ligne à vapeur, exclusivement réservée aux marchandises, partant de la gare de Linacre et suivant la ligne des bassins sur une longueur de 14^{km}; sur cette ligne se trouvent plusieurs gares de marchandises très importantes : gare des docks North Mersey et Alexandra pour les bois; gare des Docks du Canada, gare des docks du Nord (North Docks) pour les charbons; gare de Waping pour les sels, gare des docks du Sud (South Docks).

La circulation est très active dans l'intérieur de la ville très commerçante de Liverpool et entre les divers points de la ville et le port d'où partent les grands paquebots desservant toutes les parties du monde et qui reçoit une quantité considérable de bateaux marchands.

Lorsque j'allai à Liverpool, à l'automne 1898, les moyens de transport dans la ville proprement dite, pour se rendre au port, étaient devenus insuffisants; on ne trouvait que des lignes de tramways ou d'omnibus, en petit nombre et peu rapides, qui obligeaient à prendre souvent un cab si l'on était pressé. Cet été j'ai trouvé dans la ville un réseau assez étendu de tramways électriques qui n'a pas fait disparaître les lignes d'omnibus dont un certain nombre

(¹) Voir *La Revue électrique*, t. I, 30 mars 1904, p. 161, et 15 avril 1904, p. 193.

(²) Voir *La Revue électrique*, t. I, 30 avril 1904, p. 225.

(³) Voir *La Revue électrique*, t. VI, 15 déc. 1906, p. 332.

sont pourvus depuis un an ou deux de moteurs à essence.

Pour répondre au mouvement considérable en tout temps, et particulièrement intense le matin, à 1h et le soir, qui existe entre les divers points de la longue file de bassins et docks du port de Liverpool, on a créé, en février 1893, une ligne de chemin de fer AB (*fig.* 1) de 11km de long qui suit la rangée des bassins à 800m environ du quai de la Mersey; cette ligne à double voie, entièrement aérienne, part du terminus de Dingle (faubourg de Liverpool); elle rejoint, dès la première station, les docks d'Herculanum; la ligne des docks, et son viaduc sont contruits juste au-dessus de la voie du chemin de fer à vapeur qui fait le service des marchandises des docks; elle comporte vers son milieu un pont tournant traversant un bassin plus profond que les autres, le Stanley Dock, et comprend quatorze stations portant généralement le nom des docks qu'elles desservent, soit en partant du terminus sud de Dingle : docks d'Herculanum, docks Toxteth, docks de Brunswick, docks de Waping, Custom House (douane), James Street, Pierhead (point central du port au milieu d'un grand ponton de 1km de long :

Chemins de fer électriques Aériens ou au niveau du sol
Lignes électriques (Parties souterraines)
Chemins de fer à vapeur
Echelle
0 1 2 Km



landing stage), Princes, docks Nelson, docks Huskinson, docks du Canada, docks Brockelbank et docks Alexandra. La ligne a été prolongée de 1800^m environ en 1896, à niveau du sol puis en souterrain de B en C jusqu'à la station terminus de Seaforth Sands, déjà desservie par un embranchement à vapeur du Yorkshire and Lancashire Railway se détachant à la station de la ville de Seaforth (banlieue de Liverpool).

On a adopté la traction électrique pour ce chemin de fer qui a été ainsi la seconde ligne métropolitaine électrique installée en Europe, où il n'existait à cette époque que la ligne du City and South London ouverte à la fin de 1890 (les premières lignes métropolitaines souterraines de Londres datent de 1892 et 1893).

L'usine génératrice, située à peu près au milieu de la ligne, fournit directement un courant continu à la tension de 600 volts. Ce courant est envoyé sur un troisième rail isolé en forme de Ω posé sur des sortes de cloches en porcelaine fixées sur les traverses de la voie; les rails de roulement servent au retour du courant.

C'est au chemin de fer des docks de Liverpool qu'a été réalisée la première application en Europe de la commande unique des trains à unités multiples, qui n'avait d'ailleurs été montée en Amérique que depuis peu de temps sur une ou deux lignes métropolitaines. Les trains, dont la composition varie suivant les heures de la journée, comprennent deux ou trois voitures motrices munies de l'équipement électromagnétique Sprague [1]; des frotteurs montés sur leurs châssis prennent le courant sur la partie supérieure du rail conducteur. Les voitures à bogies et à couloir central comportent, à cause du public mélangé qui fréquente la ligne, des compartiments des trois classes, alors que, sur la plupart des métropolitains anglais, il n'y a généralement qu'une seule classe. Les billets coûtent $0^{fr},20$ en troisième classe, $0^{fr},30$ en deuxième classe et $0^{fr},40$ en première classe quel que soit le parcours. La Compagnie, qui faisait de bonnes affaires au début, a vu ses bénéfices diminuer sensiblement dans ces dernières années. La traction électrique ne doit pas être incriminée en la circonstance, comme l'ont fait certains journaux techniques; le fait provient de circonstances particulières : relèvement des salaires du personnel, circulation moindre entre les divers docks par suite de modifications dans leur groupement et parce que les nombreux tramways électriques et les autobus mènent facilement de la ville en beaucoup de points différents de la ligne des docks tandis que les omnibus à chevaux ne menaient qu'en quelques points et obligeaient à reprendre le chemin de fer aérien.

(1) Le principe du système Sprague primitif, tel qu'il a été employé à Liverpool et sur la ligne des Invalides à Versailles, a été indiqué dans *La Revue électrique*, t. IV, 15 août 1905, p. 75. La description des équipements modifiés en usage sur quelques trains du Métropolitain de Paris sera donnée prochainement dans la *Revue*.

Les relations très fréquentes entre Liverpool et Birkenhead n'étaient autrefois ni bien pratiques ni surtout bien rapides, car à défaut d'un pont, dont la construction aurait été trop onéreuse, on était obligé de traverser l'estuaire de la Mersey dans de petits bateaux passeurs. Afin de remédier à cet inconvénient, on a ouvert, en février 1886, une ligne D'E (*fig.* 1) de chemin de fer à vapeur de 2^{km} de long, partant de James Street (à Liverpool), passant en tunnel sous la Mersey et aboutissant sur l'autre rive à Birkenhead à la station de Hamilton Square. Sur cette ligne on a branché en 1888, sur le territoire de Birkenhead, un tronçon EF de 2^{km} à ciel ouvert, allant de Hamilton Square au Park, puis on l'a prolongé en 1889 et en 1891 de 3^{km} de Hamilton (point E) à Rockferry à ciel ouvert, du côté de Birkenhead et en 1892 de $1^{km},200$ en tunnel dans la ville de Liverpool, de James Street (D') à la gare centrale (D). On a obtenu ainsi une ligne principale DEG de $6^{km},4$, allant de la gare centrale de Liverpool en souterrain à la station au niveau du sol de Rockferry (à Birkenhead) avec quatre stations intermédiaires souterraines : à James Street (Liverpool) et Hamilton Square, à ciel ouvert à Birkenhead Central, Green Lane, et un embranchement EF de $2^{km},2$ d'Hamilton Square au Park (station à ciel ouvert) à Birkenhead. Malgré l'emploi d'une galerie spéciale d'aération reliée à de courtes distances au tunnel et aboutissant à de puissants ventilateurs, l'aération du tunnel resta défectueuse tant que l'on fit usage de trains remorqués par locomotives à vapeur, dont la fumée rendait le voyage très désagréable. On se décida en 1902 à électrifier la ligne, qui a commencé à fonctionner avec des trains électriques en mai 1903. Non seulement la traction électrique, par son absence de fumée, a amélioré considérablement l'aération du tunnel, mais a permis de tirer des bénéfices d'une ligne ayant toujours donné jusque-là des recettes insuffisantes. Ce résultat intéressant s'explique par le fait qu'on a pu adopter des procédés d'exploitation beaucoup plus rationnels par l'emploi de trains (à unités multiples à commande unique) comportant un nombre de voitures variable de deux à cinq suivant les heures de la journée et partant toutes les 3 minutes; on a de la sorte augmenté considérablement le trafic et réduit les dépenses de traction pendant les heures peu chargées; il faut ajouter que la traction élec-

trique permet de gravir plus rapidement et plus économiquement les fortes rampes de plongée sous la rivière; la vitesse moyenne qui était de 24 km : h est maintenant de 32 km : h, c'est-à-dire que le trajet total a été réduit de 30 à 20 minutes.

Les voitures sont du type ordinaire des métropolitains anglais, à bogies avec grand compartiment unique à couloir central et accès par deux plates-formes découvertes de bout sur lesquelles se tiennent les conducteurs et qui sont fermées seulement par deux barrières latérales d'accès; les voitures motrices se terminent par une cabine destinée au mécanicien. Il y a deux classes différentes dans le train : la première et la troisième, comme sur la plupart des grandes lignes anglaises. Lorsque les trains sont de deux voitures il n'y en a qu'une de motrice; il y a deux voitures motrices lorsque le train comprend 3, 4 ou 5 voitures. C'est sur le chemin de fer de la Mersey qu'a été appliqué pour la première et probablement l'unique fois en Europe le système de commande à unités multiples électropneumatique Westinghouse primitif avec combinateur à tambour qui a été décrit en détail dans la *Revue électrique* [1]. Ces équipements viennent d'être remplacés par de nouveaux du type *à tourelle* (comprenant une série de contacteurs électropneumatiques), le seul construit depuis quelques années par la Société Westinghouse [2].

Les voitures motrices portent latéralement et sous le milieu de leurs châssis des frotteurs destinés à la prise du courant sur deux rails conducteurs isolés de forme ordinaire disposés sur isolateurs, le troisième conducteur, positif, en dehors de la voie de roulement, et le quatrième conducteur négatif, au milieu de la voie. C'est sur le chemin de fer de la Mersey que cette disposition à deux rails conducteurs isolés, qui est maintenant adoptée sur presque toutes les lignes électriques anglaises a été usitée pour la première fois; elle est un peu plus coûteuse que le retour par les rails, mais elle préserve de toute corrosion électrolytique les conduites métalliques souterraines voisines de la ligne.

Le courant continu à 500 volts capté sur la ligne est produit directement dans une usine située à Birkenhead joignant la station de Hamilton Square. Cette usine comprend neuf chaudières tubulaires Stirling qui fournissent la vapeur à trois machine à vapeur verticales Westinghouse compound de 1650 chevaux chacune. Les génératrices électriques polymorphes Westinghouse sont placées entre le cylindre à haute pression et le cylindre à basse pression du moteur à vapeur; ces génératrices, construites à la manière d'alternateurs, possèdent d'un côté un collecteur délivrant du courant continu et de l'autre côté une série de trois bagues pouvant fournir des courants triphasés, qui ne sont pas utilisés actuellement mais dont on pourra faire usage ultérieurement, le jour où l'électrification étant poussée plus loin l'énergie électrique exigera une transmission à haute tension et des sous-stations de transformation.

Les deux terminus de la ligne de la Mersey, Park Station et Rockferry Station, sont en effet adjacents à une ligne à vapeur longeant la rive gauche de la Mersey (elle se rend à Bidston et New Brigthon puis sur la côte) et qui sera peut-être électrifiée un peu plus tard sur une étendue plus ou moins grande.

L'usine qui comporte les dispositifs les plus modernes, réchauffeurs, économiseurs, condenseurs, manutention mécanique du charbon et des cendres, possède une batterie-tampon de 1000 ampères-heures de capacité (pour une décharge en une heure) et produit le courant à un prix très économique.

Je citerai seulement pour terminer non pas comme moyen de transport dans la ville, mais d'accès à la ville de Liverpool, la ligne de banlieue GH (en gros trait *fig.* 1), électrifiée en avril 1904, de Liverpool (gare d'Exchange Station) à Southport et Crossens, de la grande Compagnie Lancashire and Yorkshire Railway. Cette ligne, dont la description détaillée a été donnée dans la *Revue* au moment de son installation [1], voit son trafic, ses recettes et ses bénéfices augmenter notablement depuis qu'elle a été électrifiée. Le petit branchement de 800^m allant de la gare de Seaforth ville à Seaforth Sands ayant été électrifié, on l'a depuis peu raccordée en ce dernier point à la ligne métropolitaine des docks et l'on a créé des trains directs permettant aux habitants de Southport occupés dans le port de se rendre directement aux docks jusqu'au terminus de Dingle sans avoir à changer de trains, ce qui leur fait gagner beaucoup de temps.

Ch. Jacquin.

(1) Voir *La Revue électrique*, t. IV, 15 août 1905, p. 66.

(2) La description complète de ce système a été donnée dans *La Revue électrique*, t. IV, 15 août 1905, p. 68.

(1) Voir *La Revue électrique*, t. I, 15 juin 1904, p. 336-343.



TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

LA DÉTERMINATION DES AMORTISSEMENTS.

Dès les débuts de la télégraphie sans fil, on a reconnu tout l'intérêt que présentait la mise en résonance des circuits et l'on s'est vite attaché aux questions d'*accord* et de détermination de *périodes*.

L'importance du rôle joué par l'amortissement n'est apparue que beaucoup plus tard.

La détermination des amortissements a été longtemps considérée comme appartenant au domaine purement spéculatif et n'a attiré l'attention des techniciens que lorsque les exigences de la pratique ont contraint à user de tous les procédés méthodiques propres à assurer la réalisation d'effets sélectifs.

Ces effets sélectifs ne peuvent être obtenus que par l'emploi de systèmes inductifs associés, ou, selon l'expression consacrée, *couplés* l'un à l'autre.

Or, dans ces couplages inductifs, les circuits exercent l'un sur l'autre des réactions mutuelles qui dépendent, non seulement des *périodes* propres des circuits en présence, mais aussi de leurs *amortissements* respectifs.

Quand on veut établir une résonance serrée, on est ainsi nécessairement conduit à tenir compte de la valeur des amortissements, et à attribuer à leur détermination la même importance qu'à celle des périodes.

Et il importe d'avoir des procédés qui, capables de fournir en pratique courante la mesure des amortissements, puissent permettre d'en modifier la valeur selon l'objet que l'on a en vue.

Nous nous proposons d'examiner et de discuter ces procédés; nous ne nous occuperons toutefois que de ceux susceptibles d'être appliqués dans la technique de la télégraphie sans fil.

Procédé du détecteur magnétique. — Rutherford a montré que, lorsqu'une aiguille d'acier, aimantée à saturation, est soumise à l'action d'une décharge oscillante amortie, l'aimantation de l'aiguille se trouve toujours *diminuée* (1).

La décharge se compose d'une série de demi-oscillations qui sont alternativement d'un sens, puis de l'autre.

La première des demi-oscillations efficaces est celle qui agit dans le même sens que la force démagnétisante des extrémités.

Si l'on suppose, par exemple, que ce soit la première, la seconde demi-oscillation, agissant en sens contraire de la force démagnétisante, aura son action réduite. Elle laissera donc subsister à l'intérieur une couche aimantée en sens inverse du sens primitif de l'aimantation. Le même phénomène se reproduisant à chacune des demi-oscillations suivantes, la surface se trouvera, en définitive, aimantée en sens inverse de l'intérieur, de sorte que l'aimantation primitive paraîtra réduite.

Si les oscillations vont en décroissant d'amplitude, l'effet de désaimantation sera exagéré quand la première demi-oscillation, qui est la plus intense, agira dans le sens du champ démagnétisant; diminué, au contraire, quand cette première demi-oscillation agira en sens inverse.

Pour observer l'effet, l'aiguille est disposée dans l'axe d'une petite bobine portant un enroulement primaire constitué d'un petit nombre de tours de fils, une seule couche suffit, et un enroulement secondaire d'un grand nombre de tours relié à un galvanomètre balistiqne.

L'expérience montre que l'élongation du galvanomètre, obtenue quand on fait passer une décharge oscillante dans le primaire, est proportionnelle à l'amplitude de la première demi-oscillation efficace.

Il suffit donc de mesurer les deux élongations δ_1 et δ_2 que l'on obtient en faisant passer les oscillations dans un sens, puis dans l'autre, pour obtenir la valeur du décrément.

On a en effet simplement : $\gamma = 2\mathcal{L}\frac{\delta_1}{\delta_2}$ en supposant que δ_1 soit l'élongation la plus grande.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'obtenir la mesure du décrément d'une antenne.

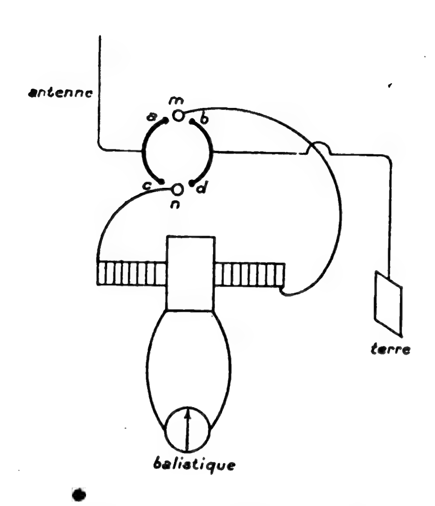
Il faut inverser les connexions m et n des extrémités du primaire avec l'antenne et la terre.

(1) Au sujet de l'action des ondes électriques sur l'aimantation et des détecteurs magnétiques, consulter les articles suivants où l'on trouvera, en même temps qu'un exposé complet de la question, des renseignements bibliographiques très étendus :

Ch. Maurain, *Suppression de l'hystérésis magnétique* (*Revue électrique*, t. I, 30 juin 1904, p. 358). — *Les détecteurs magnétiques* (*Revue électrique*, t. VII, 30 mars 1907, p. 188).

Ch. Maurain et Tissot, *Les phénomènes magnétiques et leur théorie* (*Revue électrique*, t. IV, 30 août 1905, p. 125). — *Les détecteurs magnétiques* (*Revue électrique*, t. VIII, 15 août 1907, p. 68). (*N. d. l. Réd.*)

Mais, entre chaque observation, il faut aussi réaimanter l'aiguille à saturation. On obtiendra ce résultat en disposant sur le noyau un circuit auxiliaire d'aimantation convenablement shunté pour réduire les étincelles d'extra-courant.



Dans la pratique du procédé on exécutera successivement les opérations suivantes : 1° fermer le circuit d'aimantation pour amener le noyau à saturation, le circuit du galvanomètre demeurant ouvert; 2° ouvrir le circuit d'aimantation, puis fermer celui du galvanomètre; 3° observer l'élongation (δ_1 ou δ_2) sous l'effet des oscillations; 4° ouvrir le circuit du galvanomètre, puis fermer le circuit d'aimantation.

Toutes ces opérations sont faciles à exécuter, dans l'ordre indiqué, par la manœuvre d'un inverseur à mercure que l'on fait basculer dans un sens ou dans l'autre.

Cette méthode, qui nécessite l'emploi d'un balistique sensible, appartient plutôt au laboratoire. Les méthodes de pratique courante sont basées sur l'utilisation de la courbe de résonance; nous les examinerons dans le prochain article. (*A suivre*).

C. Tissot,
Lieutenant de vaisseau,
Professeur à l'École navale.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : British Insulated and Helsby Cables. BP. 14238, 1907 (télégraphe). — Cabot. BF. 379544, 8 mars 1907 (système de télégraphie avec et sans fil). — Carter. USAP. 864950, 4 mars 1907 (transmetteur). — Cerebotani. BF. 378796, 22 fév. 1907 (télégraphe imprimeur). — Haar. BF. 378444, 4 juin 1907 (télégraphe imprimeur). — Jones. BP. 29420, 1906 (transmetteur télégraphique automatique). — Kitsee. USAP. 850948, 850949 et 850950, 15 janv. et 23 août 1906 et 11 fév. 1907 (système télégraphique); 861215, 22 sept. 1906 (transmissions télégraphique et téléphonique simultanées au moyen d'un câble de grande capacité); 863853, 24 avril 1907 (ligne télégraphique où deux batteries sont placées en opposition aux extrémités de la ligne); 865108, 29 juin 1907 (télégraphe imprimant); BP. 27049, 1906 (télégraphe). — Krum. USAP. 862402, 6 oct. 1904 (télégraphe imprimant). — Neill (Mac). BP. 20131, 1906. — Nigron. BF. 378866, 14 juin 1907 (perfectionnements dans les récepteurs télégraphiques imprimeurs). — Stadt (Van de). USAP. 862423, 2 avril 1907 (transmetteur pour signaux Morse). — Summerscales. USAP. 859993 (poteaux télégraphiques). — White. USAP. 860001, 2 août 1906 (télégraphe pour navires). — Wright. USAP. 865470, 6 mai 1904 (télégraphe imprimant). — Yarnell. BF. 378365, 31 mai 1907 (transmission télégraphique). — Yetman. BP. 20115, 1906 (télégraphe). — *Télégraphie sans fil :* Artom. BP. 19805 A, 1906 (télégraphie sans fil); BF. 378186 et 378187, 27 et 29 mai 1907 (système évitant la rotation des antennes dans un poste de télégraphie sans fil et système de télégraphie sans fil). — Assi. BF. 378242, 29 mai 1907 (récepteur pour la télégraphie sans fil). — Cabot. BF. 377907, 27 mars 1907 (récepteur de télégraphie sans fil). — Eisenstein. BF. 379400 et 379401, 29 juin 1907 (procédé pour la production d'oscillations électriques). — Fabrik Elektrischer Maschinen und Apparate Dr Max Lévy. BF. 377393, 13 fév. 1907 (nouveau transmetteur pour télégraphie sans fil). — Fessenden. BP. 4712, 1907; BF. 379296, 5 mars 1907 (perfectionnements dans la transmission de signaux par ondes électromagnétiques). — Gardner. BP. 12183, 1906 (télégraphie sans fil). — Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m. b. H. BF. 379147, 22 juin 1907 (dispositif pour produire et rendre perceptibles des oscillations). — Hellyar and Johnson Secret Wireless Telegraph and Telephone Testing Syndicate. BP. 16747, 1906 (récepteur pour la télégraphie sans fil). — Jahr. BF. 378739, 12 juin 1907 (récepteur). — Marconi's Wireless Telegraph Cy. BF. 379743, 9 juil. 1907 (récepteur). — Murgas. USAP. 860051, 17 fév. 1906; BF. 377283, 30 avril 1907 (appareil pour la télégraphie sans fil). — Pedersen. BP. 27956, 1906. — Pierce. BP. 5351, 1907 (régulateur pour télégraphie sans fil). — Poulsen. BP. 4799, 1907. — Sharman and de Forest Wireless Telegraph Syndicate. BP. 15615, 1906 (amplification des signaux pour la télégraphie sans fil). — Siemens und Halske Akt. Ges. BP. 3778, 1907 (résonnateur). — Société internationale d'éclairage par le gaz d'huile. BF. 379384, 28 juin 1907 (résonnateur pour signaux sous-marins). — Sub Target Gun Co. BF. 379750, 9 juil. 1907 (dispositif pour télégraphie de bord). — Stone. BF. 378798, 26 fév. 1907; USAP. 864272, 4 janv. 1907 (perfectionnements à la télégraphie sans fil et récepteur). — The Brown Hoisting Machinery Co. BF. 378797, 26 fév. 1907 (support de couronne ou d'antenne pour mâts). — Yarnell. USAP. 858554, 23 avril 1906 (transmission sans fil).

Téléphonie : Stinson. USAP. 858637, 13 mars 1905 (attache pour téléphone). — Storkerson. USAP. 858767, 25 avril 1906 (relais). — Stromberg Carlson Telephone Manufacturing Co. BP. 10602, 1906. — Stromberg. USAP. 854439, 23 nov. 1903 (téléphone portatif). — Sweet. USAP. 858836 (support réglable pour téléphones). — Telephon Apparat Fabrik. DRP. 187038, 9 août 1906; 187393, 15 juin 1906; 187903, 12 oct. 1904. — Terhune, Edison et Huston. USAP. 854543, 11 nov. 1905 (dispositif électrique pour indiquer qu'une ligne est occupée). — Tideman. USAP. 854780, 16 juin 1905 (annonciateur). — Thompson. USAP. 857966, 25 janv. 1907 (commutateur automatique). — Turner. DRP. 187037, 9 juin 1906; USAP. 855911, 5 fév. 1907 (récepteur). — Watkins. USAP. 859534, 30 avril 1906 (signal sélectif).

ÉCLAIRAGE.

LAMPES AU TUNGSTÈNE.

Depuis l'article qui a paru sous ce titre dans le numéro du 30 septembre 1906 de ce journal (t. VI, p. 168), de nombreux documents ont été publiés sur les lampes au tungstène dans la presse technique étrangère. Une revue d'ensemble de ces publications que nous préparons actuellement fixera bientôt nos lecteurs sur leur contenu.

En attendant il nous a semblé utile — ne serait-ce que pour nous éviter de répondre par lettre individuelle à cette question qui nous a été si souvent posée : où peut-on acheter des lampes au tungstène ? — de signaler dans ce numéro les lampes à filament métallique actuellement sur le marché français.

Ces lampes ne sont d'ailleurs actuellement qu'au nombre de deux : la *lampe Z* ou *lampe zirconewolfram*, construite à Courbevoie et vendue rue de Châteaudun par la société Lacarrière, et la *lampe osmin* de la Westinghouse Metallfaden Glühlampenfabrik, dont la Compagnie Westinghouse détient la licence pour la France. Malgré leurs noms, ces lampes sont à filament de tungstène, du moins d'après ce que nous ont dit leurs fabricants (¹).

Voici les renseignements que nous avons pu recueillir ainsi que quelques remarques suggérées par les résultats des essais.

Lampe Z. — Cette lampe, dont l'aspect général est donné par la figure de gauche du cliché ci-dessous, se construit actuellement pour diverses intensités lumineuses de 13 à 160 bougies. Pour les intensités lumineuses relativement faibles, 13, 20 et 24 bougies, la tension aux bornes doit être comprise entre 37 et 40 volts; les lampes de cette intensité doivent donc être groupées par 3 en série sur les réseaux à 110-120 volts. Les lampes de 30 bougies fonctionnent sous 55-60 volts et doivent être groupées par deux en série sur ces réseaux. L'intensité lumineuse minimum des lampes à 110-120 volts est de 40 bougies; on en construit couramment de 65 et 160 bougies.

Le filament de ces lampes est formé de plusieurs branches en forme de V; chaque branche est fixée par ses deux extrémités (du côté du culot) par des attaches métalliques rigides soudées à une tige isolante occupant l'axe de la lampe; la pointe du V est maintenue par une boule métallique formant ressort également soudée à la tige; ces branches, dont le nombre dépend de l'intensité lumineuse de la lampe, sont montées en série par leurs attaches. La tige centrale, qu'un crochet de verre attache à l'ampoule à sa partie inférieure, est enduite d'une substance ayant la propriété d'absorber les vapeurs métalliques qu'émet peu à peu le filament; cette absorption évite, paraît-il, un noircissement trop rapide de la lampe.

Les lampes Z peuvent être placées dans toutes les positions et être alimentées aussi bien par du courant alternatif que du courant continu.

Des essais faits par MM. Hollefreund et Cie, de Berlin, qui fabriquent cette lampe pour l'Allemagne, ont donné les résultats suivants :

	Heures de marche.	Ampères.	Heffners.	Watt par heffner.
Lampe I.	0	0,84	34	0,96
	120	0,84	36	0,86
	240	0,85	36	0,87
	480	0,85	34	0,92
	960	0,84	30	1,04
	1080	0,84	29	1,07
	1272	0,84	27	1,15
	1268	0,84	25	1,24
	Filament rompu.			
Lampe II.	0	0,55	55	1,10
	72	0,57	64	0,97
	148	0,57	62	1,01
	780	0,55	48	1,26
	1030	0,55	46	1,30
	Filament rompu.			

De ces chiffres il résulte que la première lampe fonctionnait sous 36 à 40 volts, la seconde sous 110 volts.

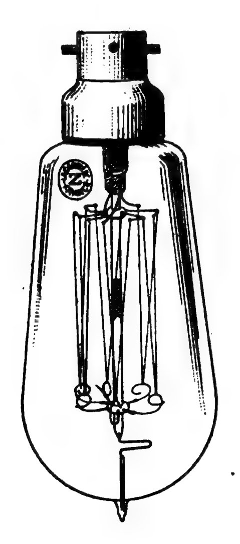
Des lampes de 60 bougies environ, essayées par M. Glasebrook du National Physical Laboratory de Londres, ont donné les résultats suivants :

	Heures de marche.	Bougies anglaises.	Watt par bougie.
Lampe I.	0	48	1
	100	47,7	1,04
	200	45	1,10
	400	40	1,15
	700	32	1,36
	Filament rompu.		
Lampe II.	0	46	1,06
	200	44	1,12
	400	39	1,25
	800	32,5	1,55
	1000	30	1,70

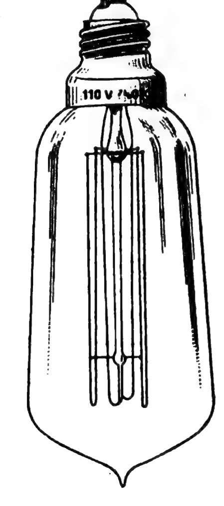
(¹) D'autres lampes à filament métallique semblent devoir être bientôt mises sur le marché par divers fabricants. En particulier la Compagnie générale des Lampes à incandescence nous informe qu'elle commence à fabriquer une nouvelle lampe à filament métallique et à très faible consommation qu'elle pense être à même de livrer dans 4 ou 6 semaines.

D'après leur intensité lumineuse ces lampes fonctionnaient sans aucun doute sous 110 volts.

Enfin des essais ont été faits en septembre dernier par M. Roux, au Bureau de contrôle des Installations électriques de Paris, sur des lampes marquées 110 volts, 45 bougies Heffner. Les unes ont été essayées sur courant continu, les autres sur courant alternatif.



Lampe Z.



Lampe osmin.

L'intensité lumineuse moyenne des lampes alimentées par du courant continu à 110 volts a été trouvée égale à 46,3 heffners, avec une consommation de 0,925 watt par heffner et une durée moyenne de 2200 heures; l'une de ces lampes était encore en service après 2500 heures et émettait 24 heffners avec une consommation de 1,78 watt par heffner. Quelques lampes ont été essayées sous 130 volts pour se rendre compte de l'influence des surtensions; leur intensité moyenne a été de 83,7 heffners, avec une consommation moyenne de 0,65 watt par heffner et une durée moyenne de 202 heures; le dernier étalonnage accusait 41,2 heffners avec une consommation de 1,29 watt par heffner.

Les lampes alimentées par du courant alternatif sous 110 volts donnèrent une intensité moyenne de 43,75 heffners, une consommation de 0,96 watt par heffner et une durée moyenne de 667 heures; le dernier étalonnage accusait une intensité moyenne de 33,55 heffners avec une consommation de 1,27 watt par heffner. Quelques lampes mises en service sous 115 volts donnèrent une intensité lumineuse moyenne de 52,3 heffners, avec une consommation de 0,9 watt par heffner et une durée moyenne de 1000 heures.

Lampe osmin. — La figure de droite du cliché ci-dessus donne l'aspect d'une lampe de 110 volts.

Des essais, faits au Technologischer Gewerbe Museum de Vienne en 1906 et que nous avons déjà signalés dans notre article précédent (t. VI, p. 171), ont donné les résultats suivants pour 6 lampes de 35 heffners, 54 volts :

Au moment de la mise en fonctionnement.

Lampes.	Ampères.	Heffners.	Watt par heffner.
996........	0,657	34,70	1,02
997........	0,655	34,60	1,02
1000........	0,645	32,60	1,06
1002........	0,641	33,60	1,03
1004........	0,679	36,30	1,01
1006........	0,634	33,23	1,03

Après 4000 heures de fonctionnement (la lampe 997 était hors d'usage).

Lampes.	Ampères.	Heffners.	Watt par heffner.
997........	0,635	25,20	1,36
1000........	0,630	24,05	1,41
1002........	0,625	23,51	1,43
1004........	0,635	24,05	1,42
1007........	0,630	23,51	1,45

La diminution de l'intensité lumineuse a atteint 10 pour 100 après une durée de fonctionnement de 2100 heures pour la lampe 996, de 2500 heures pour la lampe 1000, de 2150 heures pour la lampe 1002, de 2000 heures pour les deux dernières.

Une autre lampe de 30 heffners, 55 volts, a été essayée par la Glühlampen-Prüfstelle de Vienne; voici les résultats de 5 mesures :

Heures de marche.	Ampères.	Heffners.	Watt par heffner.
0........	0,62	31	1,10
500........	0,619	29,3	1,16
1015........	0,617	28,6	1,18
1548........	0,612	27,9	1,20
2239........	0,61	26,6	1,28

Il ne nous a pas été communiqué de résultats d'essais pour des lampes à 110 volts.

Quelques remarques. — De ces chiffres et de ceux cités dans notre précédent article, il semble bien résulter qu'il est aujourd'hui possible de fabriquer industriellement des lampes ne consommant guère plus de 1 watt par bougie et que cette consommation va en diminuant avec la tension aux bornes.

Quelle est la cause de cette faiblesse de la consommation comparée à celle des meilleures lampes à filament de charbon? Est-ce une plus grande élévation de température, est-ce un effet sélectif? Il paraît impossible pour le moment de répondre complètement à cette question. Toutefois il est probable que l'élévation de température, si elle n'est pas la seule, est la principale cause (¹). Quant à la raison pour laquelle les filaments métalliques, pour une même puissance fournie, sont portés à une température plus élevée que les filaments de carbone, elle se conçoit aujourd'hui facilement. Le charbon est en effet un *corps noir* ou un *radiateur intégral* suivant l'heureuse expression de M. Ch.-Ed. Guillaume (²); au contraire les métaux, qui ont un pouvoir réflecteur considérable pour les radiations de grandes longueurs d'onde, absorbent moins bien ces radiations que le carbone et par suite, d'après la loi de Kirchhoff,

(¹) A. Grau, *Sur la température et l'émission lumineuse du carbone, de l'osmium et du tungstène* (*La Revue électrique*, t. VIII, 15 juillet 1907, p. 25).

(²) *Voir* l'intéressant article de M. Ch.-Ed. Guillaume : *Transformation de l'énergie en rayonnement lumineux*, dans *La Revue électrique*, t. VIII, 15 août 1907, p. 78.

les émettent aussi moins bien. Par conséquent, dans le cas où les métaux n'auraient pas une propriété sélective pour l'émission des radiations lumineuses de faibles longueurs d'onde, la puissance qu'ils peuvent rayonner par unité de surface est plus faible que celle que peut rayonner le carbone à une même température. Dès lors, si l'on fournit à un filament métallique et à un filament de carbone la même quantité d'énergie par unité de temps, la température de régime, qui correspond à l'égalité entre la puissance fournie par le courant et la puissance rayonnée, sera plus élevée pour le premier que pour le second. Or la puissance rayonnée par un radiateur intégral présente un maximum correspondant à une longueur d'onde variant en raison inverse de la température absolue. Si l'on admet qu'il en est sensiblement ainsi pour les métaux, l'élévation de la température de régime doit avoir pour conséquence une diminution de la longueur d'onde de la radiation dont le rayonnement est maximum. Comme pour le filament de carbone cette radiation est à l'extrême limite du spectre visible du côté du rouge, elle sera reportée du côté du violet pour un filament métallique. La puissance rayonnée sous forme lumineuse sera donc accrue; en d'autres termes le rendement lumineux du filament sera augmenté. De plus la lumière fournie par le filament métallique sera plus blanche que celle du filament de carbone rayonnant, et par suite dépensant, la même puissance totale.

Un fait semble d'ailleurs montrer que cette augmentation de la température du filament est réelle : c'est que, pour les filaments métalliques aussi bien que pour les filaments de carbone, le rendement lumineux croît quand on diminue la tension du courant d'alimentation. Cependant le filament d'une lampe à 30 volts ne diffère pas par sa constitution du filament d'une lampe à 110 volts; il n'en diffère que par le diamètre qui est plus grand pour le premier que pour le second. Or le rayonnement d'un corps s'effectue par une couche d'une certaine épaisseur, épaisseur qui paraît être plus grande que le rayon des filaments métalliques (quelques centièmes de millimètre) des lampes à 110 volts; dès lors le noyau axial d'un tel filament doit avoir une température de régime moins élevée que celle du noyau axial du filament plus gros d'une lampe à 30 volts puisqu'il perd plus par rayonnement que ce dernier à une même température. Comme nous venons de faire observer que l'expérience montre que le filament à 110 volts a un moins bon rendement que le filament à 30 volts, il semble donc naturel d'en conclure que c'est l'élévation de température qui est la principale cause de l'augmentation du rendement des lampes actuelles à filaments métalliques.

Ce sont d'ailleurs des considérations du même genre qui, il y a huit ans déjà, avaient conduit M. Weissmann à préconiser l'emploi, sur les secteurs à courants alternatifs, de lampes à filaments de carbone à basse tension, cette tension étant fournie par un petit transformateur branché sur le réseau. Comme nous l'avons rappelé dans une Note sur les lampes à faible consommation [1], M. Weissmann était ainsi parvenu à diminuer la dépense à environ 2 watts par bougie. Malheureusement cette solution avait un inconvénient grave, outre ceux résultant de l'emploi de transformateurs : c'est que l'intensité du courant nécessaire à l'alimentation d'une lampe se trouvait être environ trois fois plus grande que celle exigée par une lampe ordinaire de même intensité lumineuse alimentée sous 110 volts; dès lors il fallait renforcer les canalisations intérieures des groupes de lampes desservies par un transformateur. Les nouvelles lampes à très faible consommation semblent devoir supprimer cet inconvénient : les lampes sous 20 volts ne dépensent guère en effet que 0,8 watt par bougie, soit quatre fois moins que les lampes à filament de carbone sous 110 volts, et l'on peut par suite les alimenter avec une intensité de courant très peu supérieure à celle qu'exigent ces dernières.

C'est là, à notre avis, une conséquence très importante pour le développement rapide des lampes à filament métallique, car il ne faut pas oublier que l'intensité lumineuse des lampes à 110 volts est d'au moins 40 bougies, circonstance qui empêchera souvent la substitution de ces lampes, malgré leur économie, aux lampes à filament de carbone de 16 bougies.

D'ailleurs les canalisations intérieures ont été établies jusqu'ici pour une densité de courant de 3 ampères par millimètre carré et les règlements allemands, pourtant très sévères, admettent aujourd'hui une densité de 9 ampères par millimètre carré; on a donc une large marge dont pourront profiter les réseaux de distribution à courants alternatifs à 220 volts dont l'extension se trouvait compromise par la consommation exagérée des lampes à filament de charbon alimentées sous cette tension. Certains de ces réseaux ont déjà songé à faire profiter les abonnés des avantages des nouvelles lampes à filament métallique par l'établissement de transformateurs individuels abaissant la tension à 110 volts; on voit par les considérations qui précèdent que ce n'est pas à 110 volts qu'il convient de l'abaisser, mais à une valeur beaucoup plus basse qui n'est limitée que par l'intensité du courant que peuvent transporter les conducteurs reliant les transformateurs aux lampes.

Une dernière question se trouve soulevée par la mise sur le marché des lampes à faible consommation : leur emploi ne provoquera-t-il pas une diminution de la charge des stations centrales? Cette question a été envisagée par divers ingénieurs en Angleterre et en Allemagne. Presque tous concluent par la négative : les anciens abonnés voudront plus de lumière, mais consommeront autant d'énergie électrique; en outre, de nouveaux abonnés seront attirés par la diminution du prix unitaire de la lumière produite par l'électricité. C'est aussi notre avis, car une diminution de prix d'un objet de consommation courante est toujours suivie, à échéance brève sinon immédiate, d'un relèvement des recettes. D'ailleurs le fait signalé plus haut que des réseaux à 220 volts songent à faire profiter leur clientèle des avantages des lampes au tungstène indique suffisamment que la crainte d'une diminution de la consommation ne serait pas justifiée.

J. B.

[1] *La Revue électrique*, t. III, 30 janvier 1905, p. 62.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

ÉLECTROMÉTALLURGIE DU NICKEL.

On sait que le nickel se rencontre dans la nature principalement sous la forme de sulfures, d'arséniures ou encore de silicates (garniérite). Ces minerais peuvent se traiter par les procédés métallurgiques ordinaires, soit par voie sèche, soit par voie humide. Dans le premier cas le traitement ressemble beaucoup à celui des minerais de cuivre et l'on produit des mattes riches. On obtient celles-ci même avec les silicates en les fondant avec des minerais de fer sulfurés. De ces mattes on extrait le nickel brut que l'on purifie, comme dans la métallurgie du fer, par puddlage, soufflage ou procédé Martin. Dans les procédés par voie humide, on dissout les minerais ou les mattes grillées dans un acide et l'on traite la solution par voie chimique pour en éliminer les impuretés. Après quoi, on précipite l'oxyde de nickel pur que l'on sèche, et que l'on réduit à l'état métallique en chauffant avec du charbon.

Le traitement électrométallurgique des minerais de nickel peut se faire par ces deux mêmes voies et nous distinguerons ici les procédés par voie humide et les procédés par voie sèche. Nous commencerons par ces derniers, renvoyant à un prochain article l'étude, plus longue, des procédés par voie humide.

Électrométallurgie par voie sèche. — Les minerais de nickel peuvent être traités au four électrique. Dans un four Héroult [1] employé à la Praz, on est parvenu à traiter journellement 12 tonnes de garniérite et à obtenir une matte riche à 95 pour 100 de nickel. On prépare aussi le ferro-nickel en partant de ce même minerai; un échantillon de cet alliage exposé à Liége [2] renfermait 40 pour 100 de nickel, 2 pour 100 de carbone et moins de 2 pour 100 de silicium.

Le four électrique permet d'obtenir une fonte de nickel directement utilisable, car elle ne renferme pas de soufre, contrairement à la fonte de nickel obtenue avec le haut-fourneau. Elle peut servir telle que à la fabrication de l'acier nickel.

Cette fonte de nickel électrique, à base de nickel, cobalt et fer, est préparée par la Société électrométallurgique française [3] en traitant au four électrique un mélange de minerai de nickel exempt de soufre, de fondants appropriés (chaux, argile, fluorine, etc.) et d'une quantité de charbon non sulfureux assez petite pour que la scorie soit encore ferrugineuse. Dans ces conditions on obtient un produit riche en nickel et l'on évite la production du silicium qui absorbe inutilement de l'énergie et présente des inconvénients dans l'emploi à faire de la fonte de nickel.

En entassant le minerai très haut dans le creuset, on réduit au minimum les pertes de chaleur, on utilise l'oxyde de carbone qui, traversant la couche épaisse, se transforme en acide carbonique et l'on évite les pertes de nickel sous forme de nickel-carbonyle qui se forme dans la zone moyenne de chaleur et se détruit au contact de l'oxyde de fer dans la zone immédiatement supérieure.

Il est très important qu'il n'y ait pas de carbone en contact avec la fonte de nickel formée dans le creuset, car ce carbone serait dissous et il y aurait réduction trop complète du minerai avec formation de silicium. Aussi constitue-t-on ici la sole en magnésie, silice ou fer chromé et les parois en minerai refroidi par rayonnement ou par un water-jacket.

La fonte de nickel ainsi obtenue peut être enrichie au four électrique à acier; par affinage on scorifie le fer et le produit s'enrichit en nickel. Les scories, qui contiennent un peu de nickel, sont ajoutées au lit de fusion du premier four de réduction, afin d'éviter les pertes.

Le procédé G. Gin [1] a pour but de permettre la fabrication du nickel ou de ses alliages à l'état pur, ce que l'on ne parvient pas à faire lorsqu'on produit de la fonte de nickel au haut-fourneau ordinaire, puis qu'on l'affine par fusion oxydante soit dans un convertisseur Bessemer, soit dans un four Martin-Siemens. Dans ce cas le nickel obtenu renferme toujours, en effet, du fer, du soufre et du carbone.

Le procédé G. Gin comporte d'abord la réduction électrique de l'oxyde de nickel additionné de silice ou des silicates naturels, de manière à obtenir, dans le premier cas, un siliciure de nickel et, dans le second, un siliciure double de fer et de nickel. Ces siliciures

(1) *La Revue électrique*, t. III, 15 juin 1905, p. 345.

(2) C. Matignon, *L'électrométallurgie des fontes, fers et aciers*, p. 91.

(3) Brevet français 336376, du 30 octobre 1903.

(1) Brevet français 344202 du 22 juin 1904.



servent ensuite comme réducteurs d'une nouvelle quantité d'oxyde ou de minerai oxydé (¹).

Lorsqu'on traite l'oxyde de nickel, la réaction qui se produit pendant la réduction électrique est la suivante :

$$2\,NiO + SiO^2 + 4\,C = SiNi^2 + 4\,CO.$$

Pendant l'affinage électrique, il se produit la réaction

$$SiNi^2 + 3\,NiO = 4\,Ni + SiO^3Ni.$$

La scorie finale, constituée par du silicate de nickel, est utilisée à nouveau pour la production du siliciure de nickel.

Le traitement des minerais de nickel oxydés ou des hydrosilicates naturels de Nouvelle-Calédonie se fait différemment selon que l'on a en vue la production du nickel pur ou celle du ferro-nickel à teneur plus ou moins élevée. Dans le premier cas, l'affinage doit se faire en présence de l'oxyde de nickel pur. En partant d'un minerai silicaté à 7 pour 100 de nickel, la réduction peut se représenter par l'équation

$$\underbrace{1,2\,NiO + 0,6\,Fe^2O^3 + 3,5\,MgO + 0,2\,Al^2O^3 + 8,4\,SiO^2}_{\text{Minerai silicaté}} + 5,4\,C$$
$$= \underbrace{0,6(SiNi^2 + SiFe^2)}_{\text{Fonte riche en silicium}}$$
$$+ \underbrace{3,5\,MgO + 0,2\,Al^2O^3 + 7,2\,SiO^2}_{\text{Scorie de réduction}} + 5,4\,CO.$$

L'affinage électrique, effectué en présence d'oxyde de nickel pur, donne alors

$$0,6(SiNi^2 + SiFe^2) + 3,6\,NiO = 4,8\,Ni + \underbrace{1,2\,SiO^3Fe}_{\text{Scorie d'affinage}}.$$

Dans le second cas (production d'un alliage de ferro-nickel exempt de silicium et de carbone) on peut opérer l'affinage au moyen de l'oxyde de fer seul, ce qui évite la préparation par voie humide de l'oxyde de nickel pur. En réglant convenablement les deux oxydes (de nickel et de fer) et en ajoutant une certaine quantité de fer métallique, on peut obtenir directement de l'acier-nickel.

Pour la réduction, on peut employer un four électrique ordinaire. L'affinage se fait dans le four-canal de G. Gin précédemment décrit (²). Les

(¹) G.-H. Gin (addition du 26 septembre 1905 au brevet français 344402) emploie le même procédé pour préparer d'autres métaux, tels que le chrome, le manganèse, le tungstène, le molybdène et leurs alliages avec le fer, avec une très faible teneur en carbone.

(²) *La Revue électrique*, t. VI, 30 septembre 1906, p. 176.

scories d'affinage retournent au four à réduction où elles régénèrent le siliciure.

Le soufre et l'oxyde de nickel qui peuvent exister dans le métal affiné sont éliminés en ajoutant à la fin de l'opération une petite quantité de mangano-silicium (siliciure de manganèse). Il se produit alors les réactions

$$NiS + SiMn^2 + 3\,NiO = SiO^3Mn + MnS + 4\,Ni$$

et

$$4\,NiO + SiMn^2 = SiO^3Mn + MnO + 4\,Ni.$$

L'extraction du nickel de ses minerais peut se faire en partie par voie humide et en partie par voie sèche. Dans ce cas, on lessive les minerais, grillés ou non, par un acide. La solution obtenue est purifiée puis on en précipite le nickel à l'état d'hydrate d'oxyde ou de carbonate par un oxyde ou un carbonate alcalin ou alcalino-terreux. L'oxyde ou le carbonate de nickel séchés sont réduits enfin en nickel métallique par le charbon dans l'arc électrique.

Mais il est très difficile alors d'éliminer des hydrates précipités les chlorures ou les sulfates des métaux alcalins ou alcalino-terreux employés. Si l'oxyde ou le carbonate de nickel à réduire renferment des chlorures, on perd du nickel qui se volatilise à l'état de chlorure de nickel. La présence du sulfate a pour conséquence de souiller de soufre le nickel métallique.

Les procédés d'épuration employés ordinairement sont compliqués et longs. La Société SIEMENS ET HALSKE A. G. (¹) réalise simplement cette épuration en calcinant le précipité de protoxyde hydraté ou de carbonate de nickel et en jetant dans l'eau la masse encore incandescente. On évite ainsi le broyage de la matière calcinée avant son lavage. La matière calcinée se désagrège très vite dans ces conditions et il suffit d'un ou de deux lavages successifs à l'eau pour enlever les chlorures ou sulfates solubles.

(*A suivre.*) L. JUMAU.

LA PRODUCTION DE L'ACIDE AZOTIQUE AU MOYEN DE L'AIR (²).

IV. ESSAIS FAITS A FRIBOURG EN 1905 ET 1906. — 1. Les raisons qui viennent d'être indiquées me

(¹) Brevet français 337712 du 12 décembre 1903.

(²) Dans la première partie de cet article, publiée dans le précédent numéro, p. 240 à 246, l'auteur exposait les nombreux essais qu'il fit de 1900 à 1905, à Fribourg d'abord, dans une usine expérimentale établie à Vevey ensuite, en vue de fabriquer l'acide azotique en faisant passer des décharges de haute fréquence dans l'air. Il terminait en indiquant les raisons qui l'avaient alors conduit à abandonner ce procédé malgré sa marche industrielle satisfaisante, à savoir :

conduisirent donc à reprendre l'étude de la partie électrique du procédé et à chercher de nouvelles méthodes. Ces travaux furent exécutés au laboratoire de l'Université de Fribourg et furent guidés par les considérations suivantes :

Nernst ayant montré que la vitesse de réaction est très grande à la haute température des flammes électriques, j'en conclus qu'en employant des flammes brûlant tranquillement dans un large espace où la vitesse des gaz est faible, ces gaz demeuraient trop longtemps soumis à l'influence de la flamme et qu'il y avait perte d'énergie, par suite de la radiation de la chaleur après que l'équilibre chimique est atteint.

Ces mêmes considérations expliquaient pourquoi le rendement est influencé, comme je l'avais constaté en comparant mes résultats avec ceux de Mac Dougall et Howles, par la fréquence des oscillations dans des flammes consommant la même énergie. Tandis que Mac Dougall et Howles obtenaient 33g,6 d'acide azotique $HAzO^3$ en employant des courants alternatifs à la fréquence 60, j'étais en effet parvenu à un rendement de 43g,6 d'acide azotique par kilowatt-heure en utilisant des courants de fréquence 5000 à 6000 et en dépensant à peu près la même énergie. La cause de cette augmentation du rendement avec la fréquence doit être cherchée dans ce que les rapides extinctions et ignitions de la flamme de mon appareil permettent aux gaz en contact avec la flamme de se renouveler plus fréquemment [1].

1° le coût de première installation des appareils est relativement élevé et ne pouvait être abaissé qu'en diminuant le nombre des arcs flammes et augmentant la puissance électrique consommée par chacun d'eux, solution qui malheureusement diminue le rendement; 2° les travaux de Muthman et Hofer, puis ceux de Nernst, ayant montré que la combinaison de l'azote et de l'oxygène, sous l'influence des décharges électriques, suit les lois d'équilibre des mélanges gazeux soumis à l'action de la chaleur, il s'ensuivait que la décharge n'agissait que par la haute température qu'elle développe et que, dès lors, il n'était point besoin de décharges de haute fréquence; 3° enfin sur la foi des chiffres publiés en 1904, dans une Communication faite au Congrès de Saint-Louis, M. Moscicki crut que le rendement de son dispositif, qui atteignait 43g d'acide azotique par kilowatt-heure, était inférieur à celui de MM. Birkeland et Eyde.

Dans la partie de l'article publiée dans ce numéro, l'auteur décrit les essais qu'il poursuivit au laboratoire de Physique de l'Université de Fribourg en 1905 et 1906 et qui l'ont amené à la construction d'un four, lequel, comme on le verra par la suite de l'article qui sera publiée ultérieurement, a permis d'obtenir au moins 60g d'acide azotique par kilowatt-heure utilisé, bien que ce four de faibles dimensions n'ait pu être essayé qu'avec des puissances minimes comprises entre 12 et 27 kilowatts. (NOTE DE LA RÉD.)

[1] Au début de mes recherches je pensais que cet accroissement du rendement avec la fréquence est dû au rapide changement de sens du champ électrique, par analogie avec ce qui a lieu dans la fabrication de l'ozone.

Cette conséquence expliquait à son tour (partiellement d'ailleurs, car bien d'autres causes interviennent) la diminution de rendement observée quand on augmente la puissance dépensée dans une flamme brûlant tranquillement : en effet, une flamme de petites dimensions est plus rapidement imprégnée de gaz qu'une flamme de grandes dimensions, la direction et la vitesse des gaz étant les mêmes dans les deux cas.

2. Ces diverses considérations m'amenèrent à prendre un four électrique où la section de la chambre fut réduite au minimum, de manière à obtenir une très grande vitesse de passage des gaz à travers la flamme et je fis quelques expériences préliminaires en vue d'étudier comment se comporte une flamme électrique dans ces conditions.

Dans l'une de ces expériences deux électrodes de cuivre étaient disposées horizontalement, à une distance de 5cm; entre elles se trouvait une flamme d'un brûleur à gaz venant lécher leurs extrémités [1]; au-dessus était une cheminée de verre de 60cm formant un conduit rectangulaire de 3cm sur 8cm. Dans ces conditions, la flamme électrique s'étend en une longue bande plate à l'intérieur du conduit sans en toucher les parois et se termine en pointe au-dessus de la cheminée (*fig.* 7), forme qui est due au fort

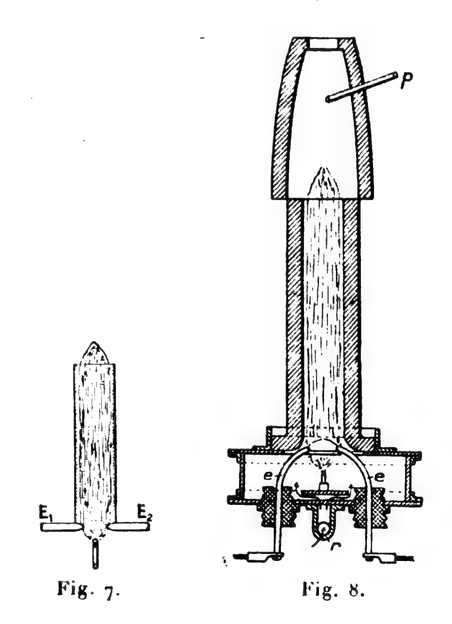


Fig. 7. Fig. 8.

tirage de la cheminée. Cette flamme est très brillante à sa partie inférieure, mais son éclat diminue graduellement jusqu'à son extrémité supérieure. L'expérience ne pouvait être maintenue que pendant

[1] Cette flamme gazeuse permettait à la flamme électrique de se produire à partir d'une tension de 4500 volts avec un courant alternatif de fréquence 60.

quelques instants à cause de la rupture de la cheminée de verre. L'intensité du courant dans la flamme était d'environ 4 ampères.

Un four fut construit afin de mesurer le rendement de ce disposif. Il consiste en une chambre cylindrique (*fig.* 8), dont le fond livre passage à deux électrodes courbes *e* portées par des isolateurs et à un tuyau *r* amenant de l'air sous pression. Le brûleur à gaz est alimenté par un tuyau traversant la paroi latérale. Au-dessus de la chambre est un tuyau cylindrique en terre réfractaire de 8^{cm} de diamètre [1], surmonté d'un tube de fer. Le gaz nécessaire à l'analyse est aspiré par un tube *p* en grès, débouchant un peu au-dessus de la flamme. La puissance dépensée dans la flamme, mesurée par un wattmètre, était d'environ 6 kilowatts. Le rendement obtenu fut inférieur à ce qu'on espérait : il ne dépassait pas 40^{g} par kilowatt-heure.

3. Ce résultat prouvait que les raisons ayant conduit à ce dispositif étaient correctes, car jusqu'alors on n'avait pas obtenu un rendement aussi élevé avec une flamme d'aussi faible puissance, brûlant tranquillement. Mais, d'autre part, ce rendement était encore trop petit et indiquait l'existence d'un autre facteur influençant sa valeur. Or la simple observation de la flamme à l'œil nu, dans la cheminée, permettait d'y distinguer des zones à des températures différentes, comme celles décrites dans le travail déjà cité de Muthman et Hofer. D'autre part, Nernst a montré théoriquement et expérimentalement dans son Mémoire que, lorsqu'on élève la température, l'équilibre de réaction entre l'oxygène, l'azote et l'oxyde azotique est caractérisé par un accroissement non seulement de la vitesse de réaction, mais encore de la proportion d'oxydes de l'azote. Il était par conséquent naturel de supposer que, dans les parties inférieures de la flamme où la température est la plus élevée, il y a un état d'équilibre correspondant à une forte proportion d'oxydes d'azote, et que ces gaz riches perdent une partie de leurs oxydes d'azote par décomposition, en passant dans la partie supérieure de la flamme où la température est plus basse [2].

C'est alors que je compris clairement la grande importance de l'emploi d'un champ magnétique agissant sur la flamme électrique : sous l'influence de ce champ, les parties de la flamme conduisant le courant sont déplacées rapidement et les zones de basse température disparaissent complètement [1].

Je commençai la construction d'un four où la flamme serait uniquement composée de portions conduisant le courant et dont la forme permettrait de donner à la chambre de combustion une section aussi faible que possible, afin que les gaz traversent avec la plus grande vitesse possible les régions où se produit la réaction. Dans ce four, représenté en élévation, plan et coupe par la figure 9, les électrodes *e* sont constituées par deux tubes de cuivre repliés en U renversé, et sont fixées par des isolateurs sur le couvercle d'une chambre où l'on envoie de l'air sous pression; cet air s'engage dans les tubes électrodes et s'en échappe par de nombreux petits trous qui le dirigent convenablement dans la flamme. Un courant alternatif de fréquence 60 sous une tension de 4500 volts alimente les électrodes par deux conducteurs *k*. Les deux portions horizontales des électrodes ont une longueur de 20^{cm} et sont distantes de 4^{cm}. Deux petites flammes de gaz, alimentées par les conducteurs creux *k*, jaillissent du

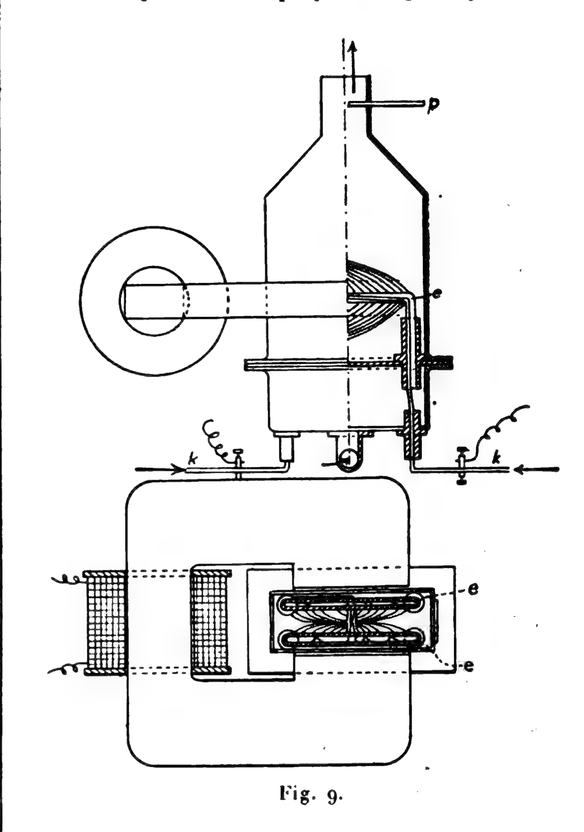


Fig. 9.

(1) On ne put prendre un tube à section rectangulaire, car la fabrication de tubes de ce genre eût exigé un trop long délai.

(2) L'exactitude de cette hypothèse fut démontrée expérimentalement peu après par Brode, dans son travail publié en 1905 : *Sur l'oxydation de l'azote dans les flammes électriques à haute tension.*

(1) Quoique la flamme de Birkeland et Eyde n'ait pas rigoureusement la même température en tous ses points, il n'y a pas cependant des différences de température aussi grandes que celles qu'on observe dans une flamme brûlant tranquillement.

milieu des électrodes et empêchent la flamme électrique de s'éteindre à chaque alternance du courant; elles doivent se rencontrer l'une l'autre et former un pont entre les deux électrodes, car seule la partie lumineuse d'une flamme gazeuse facilite la production de l'arc électrique. Une boîte rectangulaire en cuivre de 10^{cm} de large, 28^{cm} de long et 40^{cm} de haut, surmonte la chambre à air et entoure les électrodes et la flamme électrique; une fenêtre fermée par une plaque de mica est percée dans l'une des parois de la boîte. Une portion des gaz chauds est aspirée par un tube de grès *k*, mais la plus grande partie de ces gaz s'échappent dans l'atmosphère.

Le champ magnétique est produit par un électroaimant dont les faces polaires sont en contact avec la boîte. Les lignes de force magnétique sont horizontales et coupent à angle droit l'une et l'autre électrode. Sous l'influence de ce champ, la flamme électrique, amorcée par la flamme du gaz au milieu des électrodes et perpendiculairement à celles-ci, est déplacée dans un sens sur l'une des électrodes et dans le sens opposé sur l'autre. Elle affecte la forme d'un arc entre les points de départ. Quand le courant change de sens, elle prend la même forme, mais renversée, de sorte que son ensemble apparaît à l'œil comme un ellipsoïde allongé ([1]).

4. Dès le début de l'année 1905, le four qui vient d'être décrit était prêt pour les essais. Mais le premier essai dut être arrêté après seulement un quart d'heure de fonctionnement, l'échauffement des électrodes étant déjà suffisant pour que la flamme prît la couleur caractéristique donnée par les sels de cuivre. Le refroidissement par l'air seul n'était donc pas assez puissant et je me décidai à construire un nouveau four avec un meilleur dispositif de refroidissement. Mais, pendant que je m'occupais de ce perfectionnement, il me vint une nouvelle idée de la plus grande importance et je me mis immédiatement à la construction d'un four destiné à la réalisation pratique de cette idée.

La construction de ce four, et principalement la formation de la flamme, est basée sur ce que, comme dans un moteur électrique, la partie mobile d'un conducteur électrique traversé par un courant et situé dans un champ magnétique tend à se mouvoir suivant une direction à la fois perpendiculaire au champ et au courant. Dans un moteur électrique, c'est l'enroulement de l'armature qui se meut quand un courant le traverse; dans mon four, c'est la flamme de l'arc qui entre en mouvement. L'arbre de l'armature d'un moteur se trouvant maintenu par les paliers, chaque point de cette armature décrit une trajectoire circulaire et revient périodiquement à sa position initiale; dans le four, la flamme est également forcée de suivre un chemin circulaire et de revenir à son point de départ si l'on donne aux électrodes une forme annulaire.

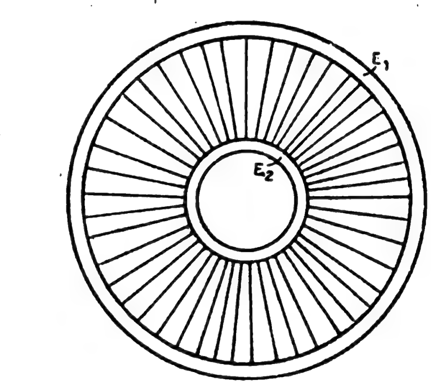


Fig. 10.

La figure 10 indique la disposition des électrodes E_1 et E_2. La flamme s'étend de l'électrode cylindrique centrale E_2 à l'électrode cylindrique extérieure E_1 et se met à tourner sous l'influence d'un champ magnétique dirigé suivant l'axe commun des électrodes; par suite de la rapidité de sa rotation, elle apparaît comme un anneau limité aux électrodes. Sa vitesse de rotation, qui dépend de l'intensité du champ et de celle du courant que forme l'arc, peut être facilement réglée. Avec un champ constant, son sens est toujours le même lorsque l'arc est alimenté par du courant continu; ce sens change à chaque alternance lorsque le courant d'alimentation est alternatif.

La figure 11 montre une coupe du four qui a été construit et qui a donné, en fonctionnement continu, des résultats satisfaisants. L'électrode extérieure *a* est constituée par un long et épais cylindre de cuivre de 15^{cm} de diamètre interne; un autre tube de cuivre de 6^{cm} de diamètre externe forme l'électrode centrale *b*. Cette dernière électrode est fixée au couvercle *d* du four par un tube de grès *c* servant en même temps d'isolateur; elle descend un peu au-dessous du milieu de l'électrode externe.

([1]) Cette forme est différente de celle à laquelle je m'attendais, car il semble que la flamme eût dû toujours rester au-dessus des électrodes, sa stabilité dans cette position étant favorisée par la direction du courant de gaz chauds. Toutefois, cette forme anormale peut s'expliquer comme il suit : si la flamme s'amorçait toujours dans une direction rigoureusement parallèle à celle des lignes de force du champ magnétique, elle serait influencée par le courant gazeux et constamment entraînée au-dessus des électrodes; mais, si la flamme s'amorce dans une direction inclinée par rapport aux lignes de force, le sens de son mouvement dépend principalement de la direction initiale de ces lignes et de la direction du courant.

Le couvercle cylindrique forme une chambre à air dans laquelle l'air est amené par le tuyau *e*; cet air s'échappe par une fente annulaire *f* et traverse l'espace libre limité par les deux électrodes. L'électrode extérieure traverse le fond d'un réservoir cylindrique en tôle de 80^{cm} de diamètre et se raccorde à un tuyau *g* en terre réfractaire muni d'un conduit latéral par lequel les gaz sont conduits à la tour d'oxydation. La bobine *h* qui produit le champ magnétique est supportée par des isolateurs fixés sur le fond du réservoir en tôle; ce réservoir est

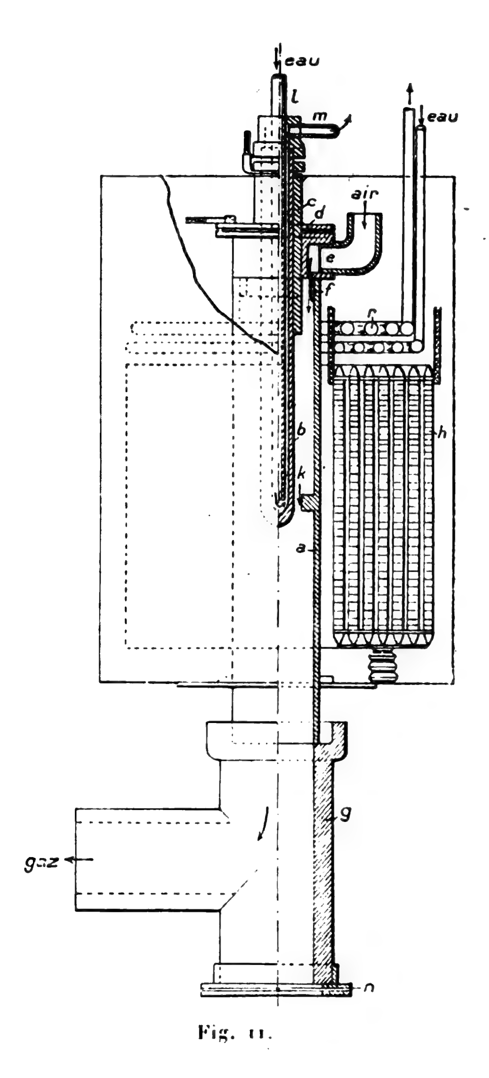


Fig. 11.

rempli d'huile constamment refroidie par une circulation d'eau froide dans le serpentin *i*. L'électrode centrale est refroidie par un courant d'eau amenée par un tube *l* près du fond de cette électrode; après s'être échauffée, l'eau se rend par un tuyau *m* dans un serpentin placé dans un bain d'huile refroidi à son tour par circulation d'eau; l'eau ainsi refroidie retourne au tube *l*; l'électrode centrale et les tubes servant au passage de l'eau de refroidissement se trouvent ainsi isolés. Un ventilateur, fourni par la maison Jaeger, de Leipzig-Plagwitz, envoie l'air dans la chambre de distribution. Le four et le réservoir sont montés sur une charpente en bois; les tuyauteries aussi bien que le four sont isolés avec soin.

Pour amorcer l'arc-flamme, l'électrode externe porte un bourrelet *k*, dont la distance à l'électrode interne est de 15^{mm}. Afin de pouvoir observer cette flamme, la poterie inférieure en forme de T est fermée par une plaque de mica *n* au-dessous de laquelle est un miroir incliné; la figure 12 montre



Fig. 12.

une photographie de la flamme prise par réflexion sur ce miroir.

Le courant alimentant l'appareil était à la tension de 3000 volts seulement; une bobine de self-induction permettait de limiter et de régler l'intensité du courant dans la flamme. La figure 13 donne la

Fig. 13.

reproduction des courbes d'intensité *a* et de tension *b* de la flamme obtenues avec un oscillographe Siemens et Halske. Il est à remarquer que la courbe de courant *a* est sensiblement sinusoïdale. La courbe de tension *b* montre que cette tension a sensiblement la même valeur pendant toute la durée d'une

demi-période; c'est cette constance de la tension aux extrémités de la flamme qui rend possible le fonctionnement sous la tension relativement faible de 3000 volts.

Avec une telle tension, un dispositif d'amorçage de l'arc était nécessaire. Comme l'emploi d'une flamme de gaz ne convenait pas dans ce cas, j'imaginai un nouveau dispositif qui pouvait être utilisé non seulement pour l'amorçage, mais encore pour le maintien de la flamme électrique. Avec le four décrit ci-dessus, ce dispositif pouvait être mis hors circuit dès que la puissance consommée atteignait 25 kilowatts, car pour une puissance supérieure la flamme continuait à brûler d'elle-même. Dans tous les essais, il a donné entière satisfaction et constitue une solution véritablement pratique du problème de l'amorçage de l'arc, qui peut être utilisée dans des applications tout autres que celle que j'avais en vue.

5. En raison de cette multiplicité de ses applications, je crois devoir donner une description complète de ce dispositif.

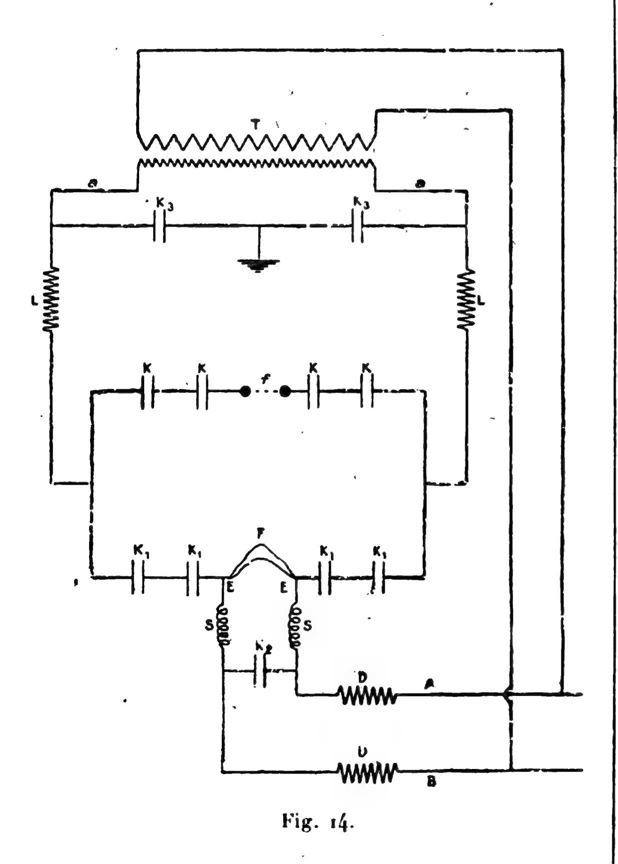


Fig. 14.

La figure 14 en donne le schéma. Des conducteurs principaux A et B qui conduisent le courant alternatif aux électrodes E, entre lesquelles on veut faire jaillir la flamme, partent deux conducteurs dérivés aboutissant au primaire d'un transformateur T qui élève la tension à une valeur bien supérieure à celle de la tension de travail; si, par exemple, cette dernière est de 10000 volts, le transformateur l'élève à 100000 volts et un arc de près de 20^{cm} de longueur peut être produit en F à chaque alternance du courant. Les deux conducteurs secondaires *a* du transformateur sont connectés, d'une part à une série de condensateurs K entre lesquels se trouve un intervalle *f*, d'autre part à une série de condensateurs K¹ situés de chaque côté de la coupure F. Le courant secondaire à haute tension fourni par le condensateur provoque des décharges en *f* et en F, et ces dernières produisent l'amorçage de l'arc à basse tension. La coupure *f* est indispensable pour que l'amorçage se produise en F; si elle n'existe pas, le courant secondaire du transformateur T se ferme par le circuit principal de basse tension; si, au contraire, une décharge se produit en *f*, il se produit des courants oscillatoires de haute fréquence dans le circuit K*f*KK¹FK¹, et l'on peut empêcher ces courants de passer dans le circuit principal en intercalant sur les conducteurs A et B deux self-inductions SS. Ces self-inductions doivent avoir une très faible capacité pour que l'amorçage se produise bien; les bobines de self-induction, telles qu'elles sont généralement construites, ont une trop grande capacité et ne conviennent pas; il faut prendre des solénoïdes dont les spires, en nombre assez faible, soient largement écartées : des solénoïdes de 30 spires de 15^{cm} de diamètre et écartées d'environ 1^{cm} sont suffisants; des bobines d'inductances ordinaires D sont d'ailleurs mises en circuit pour limiter l'intensité du courant dans le circuit principal. Pour empêcher les courants oscillatoires de haute tension et grande fréquence de pénétrer dans ce dernier circuit, il convient, en outre, de placer entre les conducteurs A et B un condensateur K_2 qui laisse passer les courants de haute fréquence, mais s'oppose au passage du courant d'alimentation de basse fréquence. Enfin, des bobines d'inductance L sans fer et un circuit dérivé contenant des condensateurs K_3 empêchent les courants de haute fréquence de se propager dans l'enroulement secondaire du transformateur T; le milieu du circuit dérivé est relié au sol afin d'égaliser les différences de potentiel par rapport au sol des deux parties du circuit. Un même transformateur T peut servir pour l'amorçage de nombreuses flammes.

6. La figure 15 donne une vue photographique de l'installation faite au laboratoire de Physique de l'Université de Fribourg. A droite, au fond, se





Fig. 15.

trouve le four; à gauche, on voit en partie les appareils d'absorption servant à déterminer le rendement du four.

(*A suivre.*) I. Moscicki.

DIVERS.

Formation et préparation du carbure d'aluminium, par Camille MATIGNON (*Comptes rendus*, t. CXLV, 21 octobre 1907, p. 676-678). — Moissan a préparé du carbure d'aluminium C^3Al^4 en chauffant le métal dans un creuset de charbon au four électrique et a montré qu'il donnait avec l'eau un dégagement de méthane pur et non de l'acétylène comme l'avait annoncé antérieurement M. Franck. Comme la formation de ce carbure est accompagnée d'un grand dégagement de chaleur, 245 calories par molécule-gramme d'après Berthelot, M. Matignon pensa que la combinaison devait pouvoir s'effectuer à une température plus basse que celle du four électrique. Il est en effet parvenu à préparer très commodément le carbure d'aluminium en chauffant au four Perrot un mélange intime de noir de fumée et de poudre d'aluminium par malaxage avec de l'essence de térébenthine. Débarrassé de l'aluminium en excès, ce carbure donne avec l'eau du méthane pur.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils divers : Miller. USAP. 856277, 6 fév. 1906 (bac électrolytique en bois). — Neiburg. USAP. 856361, 25 mai 1906 (purification électrochimique des liquides). — Tate. USAP. 357910, 28 sept. 1904 (bac pour électrolyse des liquides). — Weichert. BP. 22658, 1906 (électrolyse des fluides).

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

LES ALLIAGES MAGNÉTIQUES DE MANGANÈSE.

Depuis que Heusler a découvert, en 1903, des alliages ferromagnétiques de métaux considérés d'ordinaire comme non magnétiques, une dizaine de Mémoires ont été consacrés à l'étude des propriétés de ces alliages [1]; dans cet article seront résumés les résultats obtenus, encore bien incomplets, et indiqués les essais de théorie déjà faits.

FAITS GÉNÉRAUX. — Heusler et ses collaborateurs ont constaté que des alliages des trois métaux : cuivre, magnésium et aluminium sont fortement magnétiques; pour une quantité donnée de manganèse, c'est lorsque la quantité d'aluminium est environ la moitié en poids de la quantité de manganèse que les propriétés magnétiques paraissent le plus marquées; les deux métaux sont alors en quantités proportionnelles à leurs poids atomiques, qui sont $Mn = 55$ et $Al = 27,1$, c'est-à-dire figurent dans l'alliage avec la composition brute MnAl.

Les propriétés magnétiques d'alliages dans lesquels une certaine quantité de MnAl est unie à du cuivre augmentent plus rapidement que proportionnellement à la quantité de MnAl; ces alliages, durs et fragiles, sont de plus en plus difficiles à travailler à mesure que la quantité de MnAl augmente, et l'on n'a guère dépassé 24 pour 100 de manganèse; le plus magnétique des alliages étudiés par Heusler contenait 24,1 pour 100 de manganèse, et avait une induction magnétique $B = 5550$ pour le champ magnétique $H = 147$ gauss.

Si au lieu d'aluminium on allie au cuivre et au manganèse de l'étain, les alliages obtenus sont encore magnétiques, mais moins que les précédents; il semble que la proportion d'étain qui, pour une quantité donnée de manganèse, rend les propriétés magnétiques le plus intenses soit celle qui corresponde à $SnMn^3$, mais ce fait n'est pas établi d'une manière bien ferme; pour le plus magnétique de ces alliages, on a obtenu $B = 1500$ pour $H = 150$.

Enfin, on peut faire jouer le rôle de l'aluminium ou de l'étain à d'autres corps, bismuth, antimoine, arsenic, mais les propriétés magnétiques des alliages ainsi obtenus sont peu marquées.

Il est juste d'ajouter que, au Congrès de l'Association britannique de 1892, Hoog avait signalé que l'addition d'aluminium fait apparaître les propriétés magnétiques dans un alliage cuivre-manganèse; mais cette observation était restée isolée, et les expériences d'Heusler en sont entièrement indépendantes.

Les alliages ne renfermant que du cuivre et du manganèse sont peu ou point magnétiques; quant au manganèse lui-même, on a peu de renseignements : Seckelson [1] a étudié des dépôts électrolytiques de manganèse sur fil de platine; mais la méthode employée, où était utilisée l'action sur ces fils du champ d'un électro-aimant, ne paraît guère précise; le résultat qui paraît le plus net est celui tiré de la comparaison de l'intensité d'aimantation de fer et de manganèse électrolytiques dans un champ de 5000 gauss environ; le manganèse aurait pris, dans ces conditions, une aimantation seulement une vingtaine de fois plus faible que celle du fer. Quelques mesures faites par Gebhardt à Marburg et citées dans le Mémoire de Take ont conduit pour la susceptibilité magnétique k du manganèse à des nombres de l'ordre de grandeur de $+ 50.10^{-6}$. A titre de comparaison, indiquons que les susceptibilités magnétiques sont, pour l'aluminium,

$$k = +1,8.10^{-6},$$

et pour le cuivre, qui est diamagnétique,

$$-0,8.10^{-6}.$$

Voici une expérience d'Heusler, dans laquelle il n'y avait pas à proprement parler formation d'un alliage : un mélange de manganèse en poudre (4 parties) et d'antimoine en poudre (1 partie) devient

(1) HEUSLER, STARCK und HAUPT, *Verh. der deutsch. phys. Gesellschaft*, t. V, 1903, p. 219-232; *Bull. de la Soc. des sciences de Marburg*, 5e série, t. XIII, 1903, p. 237-300. — HAUPT, *Inaugural Dissertation*, Marburg, Verlag von Elwert. — AUSTIN, *Verh. der deutsch. phys. Gesellschaft*, t. VI, 1904, p. 211. — GUMLICH, *Annalen der Physik*, t. XVI, 1905, p. 535-551; *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, 1906, p. 203; *La Revue électrique*, t. IV, 15 octobre 1905, p. 193. — FLEMING and HADFIELD, *Proc. Roy. Soc.*, t. LXXVI, 1905, p. 271; *The Electrician*, 16 juin 1905. — HILL, *Physical Review*, t. XXI, 1905, p. 335-343; *La Revue électrique*, t. IV, 30 décembre 1905, p. 376; *Physical Review*, t. XXIII, 1906, p. 493-503 — WEDEKIND, *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XI, 1905, p. 850; *La Revue électrique*, t. V, 15 janv. 1906, p. 30. — GRAY, *Proc. Roy. Soc.*, sér. A, t. LXXVII, 6 mars 1906, p. 256; *La Revue électrique*, t. V, 15 avril 1906, p. 223. — TAKE, *Annalen der Physik*, t. XX, 1906, p. 849-900. — GUTHE and AUSTIN, *Bull. of the Bureau of Standards, Washington*, vol. II, août 1906, p. 297-316; *Éclairage électrique*, t. XLIX, 1906, p. 256 et 300. — ROSS, *Edinb. Proc.*, t. XXVII, 1907, p. 88-92. — MAC LENNAN, *Physical Review*, t. XXIV, juin 1907, p. 449-474.

Exposé des premières recherches, et théorie : CH.-ED. GUILLAUME, *Revue gén. des Sciences*, 30 octobre 1904, p. 924, et 30 décembre 1905, p. 1066; *Soc. int. des électriciens*, juin 1906.

(1) SECKELSON, *Wied. Annalen*, t. LXVII, 1899, p. 56.

nettement magnétique après avoir été chauffé à 500° ou 600°, c'est-à-dire au-dessous de la fusion. La même expérience faite avec le chrome au lieu du manganèse n'a pas donné de résultats.

Wedekind a préparé, depuis la découverte d'Heusler, plusieurs composés du manganèse qu'il a trouvés assez fortement magnétiques : les borures, l'antimoniure, le phosphure, le sulfure, un carbure; mais ces corps n'ont été obtenus, semble-t-il, qu'en poudre ou en échantillons grossiers, et l'auteur a simplement comparé leurs propriétés magnétiques à celles de poudre de fer, par des procédés peu susceptibles de précision; le borure de manganèse en poudre paraît seulement deux ou trois fois moins magnétique que la poudre de fer. Le siliciure de manganèse ne paraît pas magnétique. A signaler aussi que le sulfure et l'arséniure ne sont pas magnétiques tels qu'on les obtient, mais le deviennent quand ils ont été chauffés un certain temps à température élevée.

Valeurs de l'induction magnétique. — Bon nombre d'échantillons ont déjà été étudiés avec assez de précision, surtout par la méthode balistique; mais nous verrons que l'action de la température manifeste une grande instabilité dans ces alliages tels qu'ils sont préparés; aussi ne faut-il pas s'étonner de trouver des nombres assez divergents; il est probable que le mode de préparation influe beaucoup sur les propriétés qu'on leur trouve dans l'état initial.

Les courbes d'aimantation obtenues par Heusler ont la même allure générale que celles des fers carburés; cependant, alors que pour des champs assez élevés, de 100 à 150 gauss par exemple, les valeurs de l'induction magnétique sont inférieures à celles correspondant à une fonte ordinaire, pour les faibles champs ces valeurs sont au contraire supérieures à celles qui correspondraient à la même fonte; de là des valeurs élevées du maximum de la perméabilité. Voici quelques valeurs correspondant à l'alliage le plus magnétique, contenant 24,1 pour 100 de manganèse (valeurs de l'induction magnétique B, de l'intensité d'aimantation I reliée à B par la formule $B = H + 4\pi I$, et de la perméabilité magnétique $\mu = \frac{B}{H}$, reliée à la susceptibilité magnétique k par la formule $\mu = 1 + 4\pi k$) :

H...	1,6	3,3	18,3	56,8	147
B...	1140	2280	4470	5150	5550
I....	91	192	355	406	430
μ....	710	690	245	91	38

Gumlich a étudié jusqu'à $H = 150$ deux alliages dont voici la composition :

	Cu.	Mn.	Al.	Pb.
I.....	61,5	23,5	15	0,6
II....	67,7	20,5	10,7	1,2

Tels qu'ils ont été obtenus, le premier de ces alliages donne $B = 4200$ (ou $I = 323$) pour $H = 150$, et le second $B = 1850$ seulement; mais, tandis qu'une élévation de température à 110° n'a modifié que peu le magnétisme du premier, elle a fait croître beaucoup celui du second, et cela d'autant plus que la durée de chauffe à 110° a été plus grande; après 544 heures de chauffe, la limite n'était pas atteinte, et B atteignait 2800 pour $H = 150$.

La valeur maxima de la perméabilité μ a varié, suivant la durée de chauffe à 110°, de 275 à 1220; ces valeurs maxima satisfont à peu près à la formule

$$\mu_{max} = 0,67 \frac{R}{C},$$

dans laquelle R et C représentent respectivement, pour la mesure correspondante, l'aimantation rémanente et le champ coercitif. Les valeurs du champ correspondant au maximum de μ sont à peu près proportionnelles au champ coercitif, $H = 1,2\,C$. Ces deux relations sont de même forme que celles constatées antérieurement, par Gumlich et Smidt, pour différents échantillons d'acier.

Fleming et Hadfield obtiennent, pour $H = 225$, $B = 3000$ (ou $I = 220$) avec un alliage contenant 22,4 pour 100 de Mn, 11,65 Al, 60,5 Cu, 2 à 3 de MnO^2 et de SiO^2, avec 28 seulement comme maximum de la perméabilité; avec un autre alliage contenant 18 de Mn, 10 de Al, et aussi 4 de Pb, le maximum de μ a été 14.

Hill a étudié deux alliages; l'un, contenant

$$60\,Cu - 25\,Mn - 15\,Al,$$

fut trouvé fortement magnétique, B atteignant 11800 (ou $I = 940$) pour $H = 75$; l'autre, contenant un peu plus d'aluminium, a donné $B = 5750$ pour $H = 87$.

Guthe et Austin ont étudié 6 échantillons contenant de 13,7 à 22,6 de Mn, mais où la quantité d'aluminium différait plus ou moins de celle qui aurait correspondu à MnAl; les deux alliages les moins riches (13,7 et 14,7 de Mn) étaient peu magnétiques; les autres, étudiés jusqu'à des champs de 400 à 900 gauss, ont donné comme plus grandes valeurs de l'intensité d'aimantation I des nombres variant de 120 à 366, avec des maximums de la perméabilité μ variant de 120 à 580; le plus magnétique n'était d'ailleurs pas le plus riche en manganèse (18 Mn, 10 Al).

(*A suivre.*)

Ch. Maurain,
Professeur à la Faculté des Sciences de Caen.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

MATÉRIAUX ÉLECTROCHIMIQUES.

Sur un arbre à caoutchouc du Tonkin, par DUBARD et EBERHARDT (*Comptes rendus*, t. CXLV, 14 octobre 1907, p. 631). — Parmi les végétaux producteurs de caoutchouc, on n'avait signalé jusqu'à présent en Indo-Chine et particulièrement au Tonkin que des lianes n'atteignant jamais qu'un faible diamètre et qui sont dès lors d'une exploitation difficile et peu rémunératrice. Pour cette raison on y a tenté l'introduction de végétaux d'origine étrangère tels que l'hevea du Brésil et le *Ficus elastica*. Suivant les auteurs cette introduction, dont les résultats ne sont pas souvent satisfaisants, serait inutile car on trouve au Tonkin, dans toute la province de Bac-Kon et dans le sud des provinces de Bao-Lac et de Cao-Bang, des arbres de grandes dimensions fournissant un excellent caoutchouc. Dans certaines parties des forêts la proportion de ces arbres atteint 40 pour 100 et la quantité de caoutchouc que donne leur latex paraît supérieure à celle que fournit le latex de l'hevea; ce caoutchouc est d'ailleurs d'excellente qualité et, d'après les spécialistes les plus autorisés, ne peut être distingué commercialement des meilleures sortes de para. Ces arbres, sur les caractères botaniques desquels les auteurs s'étendent longuement, appartiendraient à la tribu des Fatouées famille des Moracées.

Procédé Pascal Marino pour rendre le celluloïd incombustible et ininflammable. — Le celluloïd n'est guère employé en électrotechnique que pour la fabrication des bacs des petits accumulateurs servant à l'allumage des moteurs d'automobiles, mais cette unique application permet d'inférer qu'il serait avantageusement substitué au verre et à l'ambroïne pour la fabrication des bacs de grandes dimensions si l'on ne craignait de l'enflammer par les étincelles que risquent de donner des courants intenses. La facilité avec laquelle il se monte et se colle le ferait sans doute employer aussi dans la confection de multiples objets du petit appareillage s'il n'était si inflammable.

Suivant M. Marino on obtiendrait un celluloïd ininflammable et incombustible en opérant comme il suit : Dissoudre le celluloïd ordinaire dans un dissolvant approprié de manière à avoir une solution ni trop fluide ni trop visqueuse ([1]). D'autre part, dissoudre dans 10 à 15 parties d'acide acétique (additionné ou non d'anhydride) 3 parties d'un sel ou d'un mélange de sels minéraux insolubles dans l'eau et dans l'alcool ([1]); ajouter ensuite à cette solution 3 à 5 parties de tétrachlorure de carbone pour 100 de celluloïd à traiter, puis une égale quantité de nitrométhane trichloré, et enfin de nitrocarbone (?). Mélanger cette dissolution avec celle de celluloïd, laisser en vase clos pendant 10 à 12 heures, ajouter une petite quantité d'une solution de formaldéhyde, agiter fortement et laisser de nouveau en vase clos pendant 8 à 10 heures. La solution de formaldéhyde a pour effet de faire agglomérer le celluloïd sous forme d'une masse compacte qui flotte sur le liquide; on décante ensuite ce dernier qui peut être employé à nouveau. On fait sécher la pâte de celluloïd et on la moule sous la forme désirée.

Le celluloïd incombustible ainsi obtenu présente toute les qualités du celluloïd ordinaire comme transparence, résistance et élasticité.

([1]) Acétone, alcool méthylique, acide acétique, alcool absolu, éther, acétate d'éthyle, acétate d'amyle, ou mélanges de ces liquides.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône. — Du Rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'Assemblée générale du 4 juin, nous extrayons les renseignements suivants sur les résultats de l'exercice 1906; le rapport relatif à l'exercice précédent ayant été reproduit presque intégralement dans ces colonnes ([2]), nous insistons seulement sur les différences des résultats de ces deux exercices.

([1]) Voici une liste de vingt-quatre de ces sels :

Hydroxyde d'aluminium; iodure d'aluminium; chromate de baryum; phosphate dibasique de baryum; phosphate tribasique de baryum; pyrophosphate de baryum; arséniate de calcium; arsénite de calcium; phosphate basique de calcium; phosphate de calcium *rétrograde;* oxyde de chrome; phosphate de cobalt; phosphate de fer (ferrique); phosphate de fer (ferreux); pyrophosphate de fer (ferrique); fluorure de plomb; nitrite de plomb basique; pyrophosphate de magnésium; phosphate de nickel; arséniate d'argent; phosphate d'argent; pyrophosphate d'argent; periodate de sodium; acide stannique.

L'emploi de ces sels devra être fait avec discernement, suivant que le celluloïd incombustible que l'on désire doit être transparent, ou coloré de nuances délicates. L'hydroxyde d'aluminium, le phosphate de baryum, le phosphate de calcium et le pyrophosphate de magnésium ne communiquent aucune teinte au celluloïd incombustible, lequel reste transparent comme du celluloïd ordinaire. En employant du chromate de baryum, ou de l'oxyde de chrome, on peut obtenir une nuance variant du jaune-paille à la couleur du maïs. Des teintes et des nuances présentant l'éclat de la nacre peuvent être obtenues par un mélange approprié de phosphate de cobalt ferrique et de phosphates ferreux, d'acide stannique et de fluorure de plomb et de nitrite basique.

([2]) *La Revue électrique*, t. VII, 30 janvier 1907, p. 62-64.

EXPLOITATION. — Les recettes se sont élevées à 4090153fr,04 en augmentation de 416070fr,84 sur celles de 1905, elles-mêmes en augmentation de 343633fr,01 sur celles de 1905. Cette augmentation continue car les recettes des quatre premiers mois de 1907 accusent une plus-value de 148521fr,50 sur celles de la période correspondante de 1906.

Le chiffre global de l'énergie fournie par l'usine de Cusset a été de 34397027 kilowatts-heures contre 29637856 kilowatts-heures en 1905.

Le nombre des abonnés desservis au 31 décembre atteignait 2720 pour la force motrice et 7975 pour l'éclairage; aux premiers correspond une puissance installée de 19011 chevaux, aux seconds 213820 lampes de 10 bougies.

Le Rapport fait remarquer que, malgré la sécheresse exceptionnellement prolongée de l'été 1906 et la rigueur de la température pendant l'hiver, il n'y a eu aucune interruption dans la distribution, régularité qui montre combien était bonne l'idée de l'utilisation du courant du Rhône.

PROFITS ET PERTES. — Le bénéfice net a été de 1868379fr,17. Cette somme, ajoutée au reliquat de 70667fr,59 de l'exercice précédent, a été répartie comme suit :

	fr
Amortissement du compte de premier établissement	500000
Réserve légale	93418,95
Provision pour renouvellement du matériel et entretien	200000
Dividende (21fr par action)	1050000
Report à nouveau	95627,81
	1939046,76

BILAN. — On remarque une augmentation du compte de premier établissement, *Installations hydro-électriques et canalisations*, de 723650fr,60; elle provient de dépenses de câbles, transformateurs, kiosques, etc. pour desservir de nouveaux quartiers et notamment Venissieux et Saint-Fons. Un nouveau compte de premier établissement, *Usine auxiliaire*, a dû être ouvert par suite de la construction d'une usine à vapeur dont une portion a été mise en service en décembre dernier.

Actif.

		fr
Compte de premier établissement.	Terrains et canal de dérivation.	26268096,90
	Installation hydro-électrique, réseau de canalisation, etc.	18587112,77
	Usine auxiliaire	674624,95
Compte spécial de premier établissement (art. 11 des statuts)		7519603,12
Matériel, mobilier et outillage		295408,90
Moteurs, compteurs et magasin		1013273,01
Recettes en recouvrement		742530,85
Avances à l'enregistrement		147101,53
Cautionnement à l'État		100000
Portefeuille		199025
Caisse et banquiers		1174316,70
		56721093,73

Passif.

Capital (actions)	25000000
Obligations 4 %	24999770
Obligations 5 % non présentées au remboursement	5000
Intérêts courus sur obligations	265955
Coupons à payer	61323,01
Fournisseurs, comptes ordinaires, retenues de garantie	783746,98
Coupons sur actions à l'échéance du 1er janvier 1907	475000
Provision pour renouvellement de matériel et entretien	300000
Amortissement sur compte spécial de premier établissement	3400000
Réserve légale	284670,93
Coupons sur actions (dividende de 21fr par action)	1050000
Solde reporté à nouveau	95627,81
	56721093,73

Catalogues, Notices et Prix-courants. — Parmi les publications de ce genre, nous ont été adressées celles des Sociétés et constructeurs suivants :

BROWN, BOVERI ET Cie. Une Notice sur la construction des *turbo-dynamos à courant continu*.

MAISON ROUSSELLE ET TOURNAIRE. Un *Catalogue général* sur les Instruments de mesures, la Télégraphie, la Téléphonie, l'Eclairage, les Moteurs, les Signaux et l'Électricité médicale.

E. DUCRETET. Une Notice sur les *Appareils de Télégraphie sans fil* de ce constructeur.

G. GOISOT. Un Supplément au Catalogue de cette Maison, sur les *Appareils de chauffage par l'électricité*.

INFORMATIONS DIVERSES.

Téléphonie : LE TÉLÉPHONE-JOURNAL DE BUDAPEST. — D'après *La Nature* du 2 novembre, Budapest possède actuellement un journal d'un caractère tout à fait original, le *Telephon Hirmondo*. Ce journal n'est pas imprimé, il est téléphoné; de 9h du matin à 9h30m du soir, des employés à voix de stentor lisent devant un microphone, relié aux récepteurs des 15000 abonnés du journal par 1800km de fil, les manuscrits remis par la rédaction. Comme les nouvelles transmises sont groupées d'après les sujets dont elles s'occupent et que les nouvelles d'un même groupe sont transmises toujours à la même heure, l'abonné peut n'écouter qu'au bon moment. Ainsi, les financiers n'auront besoin de décrocher leurs téléphones qu'à 10h, 11h30m et 3h; ceux qui s'occupent de politique à 11h45m, 2h30m et 3h15m; ceux qui s'intéressent aux représentations théâtrales, à 11h15m, 3h15m et 8h30m, la dernière communication les mettant en rapport avec l'Opéra; etc. D'ailleurs, une sonnerie spéciale signale toute nouvelle importante qui mérite d'être connue immédiatement. Comme on le voit, ce journal réunit dans un même service des renseignements qui, dans les autres grandes villes, sont divisés entre plusieurs services : compagnies de théâtrophones, agences de renseignements télégraphiques, etc. Comme son abonnement n'est que de 0fr,10 par jour, ce journal a obtenu un grand succès et jouit d'une faveur marquée dans les antichambres des médecins et dentistes, les salons de coiffure, les cafés et restaurants. Comme ses confrères imprimés, il fait de la publicité : les annonces sont intercalées adroitement entre deux nouvelles et sont tarifées à raison de 2fr,50 par 12 secondes de communication.

Tome VIII. **N° 94. — 30 novembre 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MOTEURS A VAPEUR.

Sur la souplesse des chaudières. — Les éléments essentiels d'une station centrale d'énergie électrique à moteurs à vapeur (chaudières, machines à vapeur, condenseurs, génératrices) présentent, vis-à-vis des surcharges, des ordres de souplesse très différents. Tandis que le groupe électrogène proprement dit est susceptible de fournir momentanément jusqu'à 20 et 25 pour 100 en plus de sa capacité normale, les chaudières et le condenseur sont bientôt à bout de leur effort.

Lorsque la machine à vapeur se charge, il arrive qu'à partir d'une certaine puissance sa consommation spécifique de vapeur par cheval-heure augmente. En même temps, le vide au condenseur tend à diminuer, ce qui est une nouvelle cause d'accroissement de la consommation.

Les chaudières de leur côté, comme les machines à vapeur, ont un régime d'économie maxima, correspondant à une combustion donnée par mètre carré de grille. Bien souvent dans les installations, je le faisais remarquer récemment, le tirage assuré par la cheminée ne permet même pas d'atteindre ce régime favorable.

Sans vouloir marcher industriellement aux allures de combustion des torpilleurs ou des locomotives (la marine nationale demande des garanties pour des allures allant jusqu'à 300^{kg} de charbon par mètre carré de grille, et les trains rapides ont des chaudières d'environ 3^{m^2} de grille qui marchent à des allures dépassant 400^{kg}), il est logiquement indiqué de se rapprocher de l'allure économique des chaudières que l'on possède et même d'envisager la possibilité d'arriver, en cas de besoin, à des combustions de 120^{kg} et même 150^{kg}. Ceci, bien entendu, si les chaudières peuvent le supporter, et en vue de suivre, avec les chaudières, la demande du groupe électrogène en surcharge.

Retenons deux éléments qui peuvent limiter l'allure de la chaudière (je parle particulièrement toujours des multitubulaires).

D'abord le ralentissement de la circulation dans une partie des éléments de certains types de générateurs. S'il est facile de représenter sur un dessin le sens de la circulation théorique dans une chau-

dière, la réalité se charge souvent, aux allures poussées, de donner un démenti au dessinateur. La vapeur, se produisant en trop grande quantité, s'échappe en majorité, sans doute, suivant son sens normal, mais le reste va en sens inverse, empêchant l'eau de venir remplir le tube laissé vide par la vaporisation de l'eau contenue. Les courants peuvent arriver à se contrarier, de telle sorte que certains éléments en souffrent au point que des accidents peuvent survenir et qu'en tous cas le rendement de la chaudière se trouve fortement réduit.

En second lieu, sous l'action de la forte dépression, les gaz chauds tendent à circuler plus vite et à se précipiter vers la cheminée par les chemins les plus raccourcis, de sorte qu'une partie plus ou moins grande de la surface de chauffe se trouve inutilisée.

Les types de chaudières les plus convenables pour stations centrales électriques paraissent donc être ceux où ces deux phénomènes sont le moins marqués, autrement dit où la circulation est continue et toujours dans le même sens, et où le quinconçage des tubes et le chicanage des gaz sont étudiés de manière qu'aux plus hautes allures le rendement ne baisse que de 10 à 15 pour 100.

Il est bien certain que, pour obtenir la possibilité de faire varier dans de larges limites l'allure des foyers, le tirage naturel ne peut généralement pas suffire, et qu'il faut recourir au tirage artificiel, soit que l'on produise une pression en amont du foyer, soit une dépression en aval.

A la première classe de dispositifs se rattache celui employé sur les torpilleurs, mais jamais dans l'industrie, et qui consiste à faire de la chambre des chaudières une enceinte complètement close et sous pression; le système, excellent, entraîne l'obligation d'écluser le personnel, le combustible et les résidus, ce qui complique le service.

Dans cette même classe on trouve les dispositifs de soufflage sur grille, soit au moyen de ventilateurs, soit au moyen de jets de vapeur.

Leur emploi oblige à arrêter le soufflage lorsqu'on veut charger le foyer, et à laisser une bande de la grille découverte du côté de la porte; cette double précaution assure contre les retours de flamme et les coups de chalumeau vers les façades.

Pour produire la dépression en aval, on a le choix entre un ventilateur aspirateur des gaz chauds, ou un éjecteur à air ou à vapeur.

Le ventilateur travaille, dans ce dernier cas, moins économiquement que s'il marchait à pression, à cause du plus grand volume de gaz à faire passer.

Le plus connu des éjecteurs à vapeur est celui qui utilise la vapeur d'échappement dans les locomotives et arrive à produire des dépressions de 150^{mm} à 200^{mm}.

Les différents modes de tirage mécanique ne sont pas équivalents au point de vue de la dépense d'énergie; suivant les systèmes, la consommation est de 2 à 4 pour 100 de la puissance fournie par la chaudière.

Quoi qu'il en soit, l'ordre de grandeur de cette dépense est tel qu'un industriel sérieux ne peut rejeter *a priori* le principe du tirage mécanique à appliquer à ses installations, et qu'il trouvera toujours de l'intérêt à en chiffrer les avantages et les inconvénients. Mais il peut être assuré qu'avec un tirage mécanique bien installé et des chaudières bien choisies, un chef de chauffe connaissant bien son métier pliera la production de vapeur exactement à la demande de la charge du groupe électrogène. X.

MOTEURS HYDRAULIQUES.

Sur une difficulté dans la création de réserves d'eau par les lacs naturels artificiels. — La plupart des installations hydrauliques destinées à la production de l'énergie électrique prévoient aujourd'hui l'emmagasinement d'une grande réserve d'eau, soit par le relèvement du plan d'eau des lacs déjà existants (lac de Bret, en Suisse; lac des Brenets, sur le Doubs), soit par la création de lacs artificiels (lac de Genissiat, dans le projet du transport d'énergie du Rhône à Paris, étang accumulateur du Jorat pour la meilleure utilisation des forces motrices de la ville de Lausanne, etc.).

Cette solution, excellente pour parer aux inconvénients résultant des variations du débit des chutes et surtout des variations de la charge des usines, présente malheureusement un aléa que fait ressortir M. J. Michaud dans une Note récente (¹) : c'est la perméabilité du terrain.

Pour bien montrer que cet aléa n'est rien moins qu'hypothétique, M. Michaud cite une observation qu'il a faite cet été sur le lac de Joux, en temps de hautes eaux. Dans l'intervalle du 3 au 11 août, le niveau du lac s'est abaissé de 21^{cm}. Connaissant sa surface et la hauteur d'eau de pluie tombée durant ce temps, on peut calculer la perte; on trouve 2740^{l} par seconde. Si, à cette perte, on ajoute le débit des réserves qui alimentent le lac, on aura le débit que l'on devrait retrouver à la sortie, s'il n'y avait pas de pertes par des exutoires invisibles. Or, la seule issue visible est la prise d'eau qui alimente l'usine hydro-électrique de Ladernier, et le débit des vannes de cette prise pendant la période considérée n'a été que de 1511^{l} par seconde, c'est-à-dire bien inférieur au débit de 2740^{l} par seconde, qui résulte de l'abaissement du plan d'eau. M. Michaud n'a pu mesurer le débit des affluents; mais il est certain que ce débit était supérieur au débit des basses eaux, qui est de 450^{l} par seconde. Si l'on admet ce chiffre, c'eût été au moins 3190^{l} par seconde que l'on aurait dû avoir

(¹) *Bulletin technique de la Suisse romande*, t. XXXIII, 10 nov. 1907, p. 249.



à la prise d'eau. Il s'en perdait donc, par des exutoires invisibles, 1679[l] par seconde. D'ailleurs, des observations faites en 1895 avaient déjà conduit l'auteur à évaluer à environ 1000[l] par seconde la perte par la perméabilité du terrain pour un niveau du lac un peu inférieur. On voit donc que cette perte est loin d'être négligeable.

TRANSFORMATEURS.

Mise en parallèle de transformateurs, par G. STERN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 10 octobre 1907, p. 981 et 982). — Dans la mise en parallèle de dynamos à courant triphasé il est nécessaire d'attendre l'instant où la tension et la fréquence sont égales dans les machines et où celles-ci sont dans des positions relatives telles que les pôles de même nom des enroulements soient en concordance. La mise en parallèle

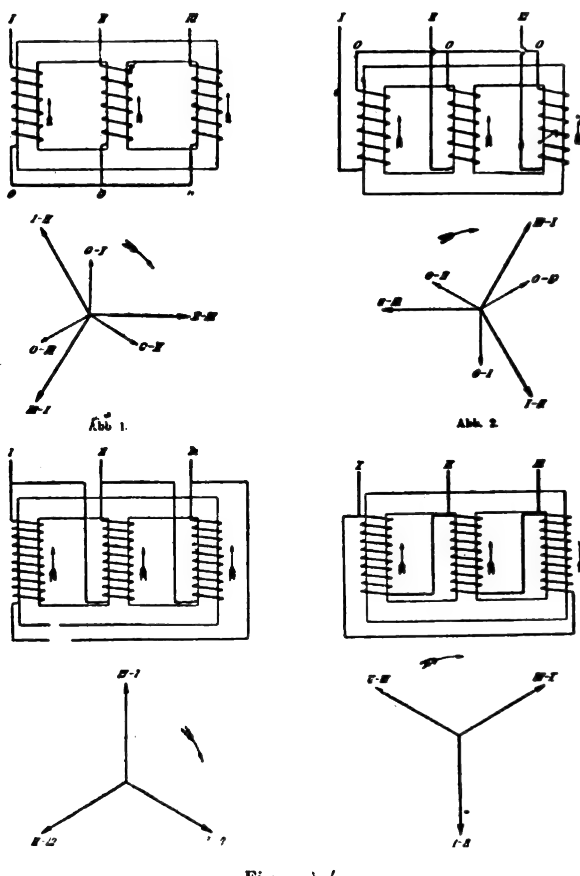


Fig. 1 à 4.

des transformateurs du côté primaire est toujours possible tant que les circuits secondaires débitent sur des réseaux complètement indépendants. Si au contraire les primaires et secondaires doivent fonctionner respectivement en parallèle il existe alors certaines conditions qui doivent être nécessairement satisfaites. La même fréquence existe naturellement, la même tension est imposée par un même rapport de transformation, mais en outre il est indispensable que les tensions secondaires soient de même phase. Dans les cas de transformateurs monophasés fonctionnant en parallèle du côté primaire, les tensions secondaires peuvent seulement être en phase ou décalées de 180°; il est donc facile, par un simple renversement de connexion primaire ou secondaire, d'obtenir l'égalité de phase secondaire.

Il en est tout autrement dans le cas de transformateurs triphasés : de tels transformateurs ayant même rapport de transformation ne se laissent pas toujours coupler en parallèle. L'égalité de phase doit être satisfaite par une disposition convenable des enroulements, telle que l'angle que forment les tensions secondaires avec les tensions primaires dans le diagramme des tensions soit toujours le même; l'auteur nomme cet angle : *angle du réseau*. Il reste encore à déterminer le sens dans lequel cet angle est à compter et entre lesquels des six vecteurs des tensions il doit être pris.

L'auteur pose les conditions suivantes : Sous le nom d'angle du réseau d'un transformateur on comprend le plus petit angle formé par un vecteur de la tension secondaire avec le vecteur de la tension primaire immédiatement en arrière.

Dans le cas de transformateurs triphasés, il est possible, suivant la disposition des enroulements, d'obtenir quatre valeurs différentes de l'angle de réseau. Les figures 1 à 4 montrent les différentes sortes d'accouplement habituellement usitées, avec les diagrammes de tensions correspondants. Les figures 1 et 2 représentent l'accouplement en étoile, les figures 3 et 4 l'accouplement en triangle. Les extrémités des enroulements sont toujours désignées par I, II, III et les tensions par I-II, II-III, III-I pour l'accouplement en triangle et par O-I, O-II, O-III pour l'accouplement en étoile; les flèches indiquent dans tous les schémas la direction de la force électromotrice positive.

On voit que les tensions aux bornes dans les figures 1 et 2 (accouplement en étoile) forment un angle de 60°, il en est de même pour les figures 3 et 4 (accouplement en triangle).

On peut désigner symboliquement comme suit ces dispositions :

Figure 1........	Y	Figure 3........	Δ
» 2........	⅄	» 4........	∇

qui peuvent être combinées de beaucoup de manières donnant différentes valeurs de l'angle de réseau (ν).

Accouplement primaire.	Accouplement secondaire.	Angle de réseau ν.	Accouplement primaire.	Accouplement secondaire.	Angle de réseau ν.
		°			°
Y	Y	0	Δ	Y	90
Y	⅄	60	Δ	⅄	30
Y	Δ	30	Δ	Δ	0
Y	∇	90	Δ	∇	60
⅄	Y	60	∇	Y	30
⅄	⅄	0	∇	⅄	90
⅄	Δ	90	∇	Δ	60
⅄	∇	30	∇	∇	0

Il ressort du Tableau ci-dess. :

Des enroulements de même accouplés semblablement donnent un angle de réseau $\nu = 0$;

Des enroulements de même sens accouplés différemment donnent un angle de réseau $v = 30°$ si l'enroulement secondaire est en triangle et un angle $v = 90°$ si l'enroulement secondaire est en étoile.

Des enroulements de sens opposés accouplés semblablement donnent un angle de réseau $v = 60°$;

Des enroulements de sens opposés accouplés différemment donnent un angle de réseau $v = 90°$ si le secondaire est en triangle et un angle $v = 30°$ si le secondaire est en étoile.

L'égalité de l'angle de réseau est une condition nécessaire pour la marche en parallèle, mais non une condition suffisante; il est encore nécessaire, comme on sait, que les transformateurs aient même tension de court-circuit. E. B.

ACCUMULATEURS.

Procédé de formation d'électrodes pour accumulateurs en métaux magnétiques par oxydation électrolytique. Société NYA ACKUMULATOR AKTIEBOLAGET JUNGNER (Brevet français 374598 du 13 février 1907). — Afin de former sur les plaques de nickel destinées à servir de positives une couche adhérente d'oxyde, on emploie ici le procédé suivant. La plaque de nickel à former est placée dans un récipient en fer. On protège la plaque de la corrosion des bords en la recouvrant d'une matière isolante convenable. Le récipient est rempli d'une pâte consistante formée de 100 parties d'hydrate de calcium pétries avec 72 parties d'une solution de 6g de potasse par litre d'eau à laquelle on peut ajouter quelques centimètres cubes d'ammoniaque. On fait passer le courant (5 amp.) pendant une heure, le récipient constituant le pôle négatif et la plaque à former le pôle positif. Quand on enlève la plaque, la chaux s'est séparée de celle-ci et la plaque est recouverte d'une couche uniforme et adhérente d'hydrate de nickel, principalement $Ni(OH)^3$. Après charge d'environ 2 heures (à 1 amp.) dans la potasse à 25 pour 100, l'électrode est prête.

Procédé de fabrication de minces plaques d'électrodes. R. HUGL et T. HARMSEN (Brevet français 375149 du 28 février 1907). — La matière active pulvérisée est chauffée en ajoutant un agglutinant (la paraffine de préférence) en quantité relativement faible et elle est agitée jusqu'au refroidissement. Les granules de matière ainsi formés sont étendus en couche uniforme sur une matière absorbante (papier buvard) et, après la pose de l'âme ou ossature, on dispose une seconde couche uniforme de granules que l'on recouvre d'une seconde couche de matière absorbante. La matière est agglomérée par l'action simultanée d'un chauffage et d'une compression modérée. Pendant cette opération, l'agglutinant en excès est absorbé par le papier buvard sur les parties qui formeront les surfaces de la plaque.

Accumulateur. L. FIEDLER (Brevet français 375415 du 6 mars 1907). — Il s'agit ici d'un procédé de préparation de la matière active. On fait une pâte compacte en malaxant du minium pour les positives et de la litharge pour les négatives avec une solution d'acétate de plomb à 10 pour 100 additionnée d'un tiers d'une solution de phénol à 10 pour 100. La pâte est introduite dans les grilles, puis soumise à l'action de la chaleur, ce qui a pour effet de durcir rapidement cette pâte et de la rendre finement poreuse par suite de l'évaporation de l'acide acétique. Les plaques sont alors lavées, afin de les débarrasser des résidus d'acide acétique libre, puis on les forme électrolytiquement.

Procédé de réduction des pertes dans les batteries d'accumulateurs au plomb. H. RODMAN (Brevet français 375613 du 12 mars 1907). — Dans le but d'empêcher la contraction de la matière active dans les plaques négatives de l'accumulateur au plomb, H. Rodman incorpore par précipitation dans la masse poreuse de ces plaques une matière inerte, insoluble et finement divisée.

La meilleure méthode préconisée consiste à sécher parfaitement la plaque de plomb spongieux (soit terminée, soit en cours de fabrication) et ensuite à la tremper dans une solution d'hydrate de baryum. Après ce traitement, la plaque peut être plongée directement dans une solution diluée d'acide sulfurique pour précipiter le sulfate de baryte dans les pores de la masse active, ou encore la plaque peut être séchée à l'air, ce qui forme du carbonate de baryte dans la masse poreuse, ce carbonate étant transformé en sulfate lorsque la plaque est mise en service.

Pour montrer l'influence de cette imprégnation, H. Rodman a préparé deux lots de plaques négatives Planté identiques comme fabrication, mais différant par l'imprégnation d'un seul des deux lots. Pour une capacité au régime de 3 heures indiqué au Catalogue, les deux lots ont donné la même capacité initiale, soit une décharge de 4 heures 30 minutes. Après 600 décharges le lot imprégné donnait encore 3 heures 30 minutes de décharge à ce même régime, alors que le lot non imprégné ne donnait que 1 heure 15 minutes. Après ces 600 décharges, les plaques non imprégnées ayant été enlevées de l'électrolyte, puis imprégnées à leur tour, leur capacité s'est élevée après quelques décharges à 3 heures 30 minutes et les deux lots se maintinrent à ce point après 1000 décharges. L. J.

USINES GÉNÉRATRICES.

Usine génératrice de Portsmouth (États-Unis) (*Revue industrielle*, t. XXXVIII, 17 août 1907, p. 321). — Cette usine est destinée à fournir le courant aux tramways de Portsmouth et de Norfolk, aux tramways suburbains qui desservent la côte de l'Atlantique, à ceux qui réuniront Norfolk à l'emplacement de l'exposition de Jamestown, enfin à assurer l'éclairage de ces diverses villes et les illuminations de l'exposition. C'est une usine tout à fait moderne, avec turbines à vapeur Curtis, installations pour la manutention mécanique du charbon et des cendres, etc. Elle est formée de deux bâtiments mitoyens couvrant une surface de $45^m \times 47^m$. L'un renferme 14 chaudières Babcock et Wilcox sur deux rangées de 8 et 6 chaudières respectivement. L'autre contient 4 groupes turbogénérateurs de la Ge-

neral Electric C° à 11000 volts de 2500 chevaux chacun, les diverses machines accessoires (excitatrices, convertisseurs rotatifs, transformateur) et le tableau de distribution.

Les usines génératrices de la haute vallée du Rhin, par L. PASCHING (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 17 et 24 octobre 1907, p. 1005 et 1035). — L'auteur donne la description d'une installation comportant trois usines génératrices hydrauliques situées à des distances assez grandes (plusieurs kilomètres) et fonctionnant en parallèle sur un réseau commun. Une seule de ces usines possède des alternateurs triphasés synchrones, les deux autres sont équipées avec des générateurs asynchrones. L'auteur montre les nombreux avantages de ce système au point de vue théorique et que la pratique a sanctionnés.

La première usine, située à Montlingen, contient trois unités à axe vertical de 250 chevaux chacune, commandant par engrenage d'angle des générateurs triphasés 10000 volts, 50 périodes, de puissance correspondante; cependant, comme ces alternateurs travaillent avec un facteur de puissance très faible, leurs dimensions durent être choisies un peu plus grandes.

Le tableau de couplage est composé de cinq panneaux, trois pour les générateurs et deux pour les lignes de distribution. Chaque panneau d'alternateur porte les ampèremètres à haute tension et d'excitation, le levier de manœuvre de l'interrupteur à huile et le volant du rhéostat d'excitation; ces volants peuvent être couplés ensemble pour une manœuvre simultanée des trois rhéostats, permettant d'agir en même temps sur les tensions des alternateurs.

Les deux stations auxiliaires sont situées à Lienz et à Blatten; elles sont semblables entre elles; chacune contient deux unités de 250 chevaux. Les turbines sont du même type que celles de Montlingen; elles commandent des générateurs asynchrones produisant à 255 tours

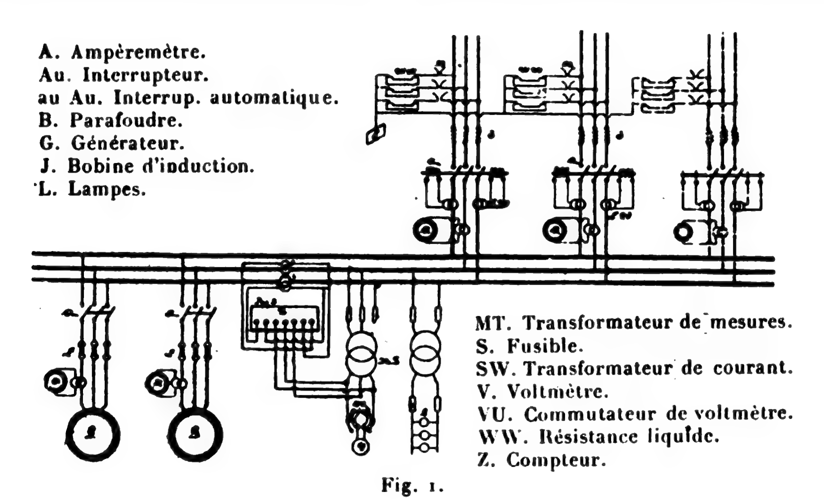


Fig. 1.

par minute des courants triphasés de 10000 volts, 50 périodes; les rotors sont en court-circuit. La figure 1 montre le schéma de l'installation.

En ce qui concerne les conditions de fonctionnement en parallèle de générateurs asynchrones et de générateurs synchrones, deux cas peuvent se présenter: 1° les générateurs synchrones fournissent seulement le courant d'excitation des générateurs asynchrones, ces derniers fournissent toute la puissance consommée dans le réseau; 2° les générateurs synchrones fournissent également de la puissance au réseau.

Appelons: V la tension aux bornes; I'_s le courant d'excitation des alternateurs asynchrones fourni par les alternateurs synchrones; I_{as} le courant des générateurs asynchrones; φ le décalage de phase des générateurs asynchrones; I le courant dans le réseau; Φ le décalage de phase du réseau. Pour le second cas il convient d'ajouter: I_{sw} la composante wattée du courant fourni par les générateurs synchrones; I_{sdw} la composante déwattée de ce même courant; φ_s le décalage de phase des générateurs synchrones; P la puissance fournie au réseau par les générateurs synchrones.

Comme il est visible sur le diagramme de la figure 2, pour le premier cas, du triangle OAB on tire

$$(1)\qquad I'_s = I_{as}\sin\varphi + I\sin\Phi,$$

$$(2)\qquad I\cos\Phi = I_{as}\cos\varphi,$$

$$(3)\qquad I = I_{as}\frac{\cos\varphi}{\cos\Phi};$$

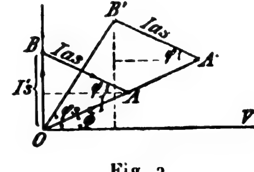


Fig. 2.

et l'équation (1) devient

$$(4)\qquad I'_s = I_{as}\sin\varphi + I_{as}\cos\varphi\frac{\sin\Phi}{\cos\Phi},$$

$$(5)\qquad I'_s = I_{as}(\sin\varphi + \cos\varphi\,\mathrm{tang}\,\Phi).$$

10.

GÉNÉRATEURS SYNCHRONES.			I_{sdw}.		GÉNÉRATEURS ASYNCHRONES.			RÉSEAU.		
Amp.	Kw.	Cos φ.	Observé.	Calculé.	Amp.	Kw.	Cos φ.	Amp.	Kw.	Cos Φ.
30	205	0,395	27,5	27	11,2	165	0,85	30	370	0,71
29	190	0,38	26,8	26,05	11	160	0,84	28,5	350	0,71
28	160	0,33	26,4	25,95	11	160	0,84	27,2	320	0,68
24,5	155	0,365	22,7	20,85	9,3	135	0,84	23	290	0,725
25,8	145	0,325	25,3	24	10	145	0,84	25	290	0,67
22,2	125	0,325	21	20,05	9,3	135	0,84	21,2	260	0,71
19	115	0,35	17,8	16,35	9,3	135	0,84	18,4	250	0,79
12,2	105	0,50	10,5	9,87	7,2	105	0,84	13	200	0,89
12,8	80	0,36	12	10,7	6	80	0,77	11,5	160	0,80
11	50	0,26	10,7	8,35	5,7	80	0,81	9	130	0,83

Pour le deuxième cas, on tire du triangle OA′B′

$$(6)\qquad I_{sw} = \frac{P}{\sqrt{3}V},$$

$$(7)\qquad I_{sdw} = I_{as}\sin\varphi + I\sin\Phi,$$

$$(8)\qquad I\cos\Phi = I_{sw} + I_{as}\cos\varphi,$$

$$(9)\qquad I = \frac{I_{sw}}{\cos\Phi} + I_{as}\frac{\cos\varphi}{\cos\Phi},$$

$$(10)\qquad I_{sdw} = I_{as}\sin\varphi + I_{sw}\tang\Phi + I_{as}\cos\varphi\tang\Phi,$$

$$(11)\qquad I_{sdw} = I_{as}(\sin\varphi + \cos\varphi\tang\Phi) + \frac{P}{V\sqrt{3}}\tang\Phi;$$

le premier membre du côté droit de l'équation (11) est égal à I'_s de l'équation (5); nous pouvons écrire

$$I_{sdw} = I'_s + \frac{P}{V\sqrt{3}}\tang\Phi.$$

Le Tableau ci-dessus donne les résultats des mesures effectuées sur l'installation.

Les valeurs de I_{sdw} de la colonne *Observé* sont les moyennes de quatre à cinq mesures différentes. E. B.

BREVETS RÉCENTS (1).

Machines génératrices : SCHMIDT. BF. 377335, 2 mai 1907 (machine électrique). — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 379709 et 379710, 6 juil. 1907 (perfectionnements aux inducteurs tournants, aux machines dynamos-électriques). — SOCIÉTÉ ELECTRO-DYNAMIC Co. BF. 378264, 30 mai 1907 (perfectionnements aux machines dynamos-électriques). — TORDA. BP. 18621, 1906 (dynamos avec enroulements compensateurs). — WILLIAMS. BP. 25632, 1906 (magnéto). — *Régulateurs, collecteurs, porte-balais, balais* : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BF. 379739, 9 juillet 1907 (procédé de mise en marche d'alternateurs). — AUEL. USAP. 862127, 3 déc. 1906 (régulateur centrifuge pour dynamos). — ELROY (MAC). USAP. 855723, 10 juillet 1905 (régulation de dynamos). — FELTEN et GUILLEAUME-LAHMEYERWERKE. BP. 11853 A, 1906 (compensateur des variations de charge). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 23444, 1906 (balais). — GRIFFITHS et BEDEL. BP. 5025, 1907 (collecteur de courant). — JACOBSON. USAP. 858002, 18 janv. 1904 (régulateur de vitesse pour dynamo). — KNOWLES. BP. 20912, 1906 (collecteurs de courant). — LORING. BP. 24733, 1906 (balais pour dynamos). — MOSMAN. USAP. 863201, 6 fév. 1903 (dispositif de protection pour dynamos). — NEELEY. BP. 28849, 1906 (régulateur pour dynamos). — PATTON. USAP. 858016, 24 mai 1906 (appareil de vérification pour induits). — REIST. USAP. 856423, 1er mars 1905 (ventilation de dynamos). — SIEGFRIED. BP. 4607, 1906 (supports pour arbres de moteurs). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. BP. 4240, 1907 (collecteurs pour dynamos). — STERN. USAP. 866081, 23 janv. 1907 (régulation des génératrices à excitation indépendante). — STEVENS. BP. 21129, 1906 (ventilation des dynamos). — WALKER. USAP. 865219, 13 juil. 1907 (connexions terminales pour les fils des inducteurs d'alternateurs). — WATERS. USAP. 862951, 5 déc. 1904 (porte-balais). — WILLIAMSON. USAP. 860953, 5 sept. 1905 (porte-balais).

Machines transformatrices : ALLEN. USAP. 861073, 18 avril 1905 (transformateur). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 12090, 1907 (transformateur). — ANDERSON. USAP. 862532, 29 avril 1907 (transformateur disposé pour donner passage à un liquide). — BAINS. USAP. 865985, 8 fév. 1907 (transformateur à tension variable). — BERRY. BP. 5654, 1906 (refroidissement des transformateurs). — ELECTRIC IGNITION CY et HALL. BP. 25770, 1906 (trembleur pour bobines d'induction). — FARIA (OSWALDO DE). USAP. 865093, 4 fév. 1905 (transformateur électrolytique). — FRANCK. USAP. 853779, 19 sept. 1906 (transformateur triphasé). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 19548 et 30395, 1906 (transformateurs). — HALL. USAP. 861029, 24 sept. 1904 (noyau pour transformateur). — HEINZE. USAP. 863175, 18 mars 1907 (bobine d'induction). — HICKLEY. USAP. 861281 et 861282, 7 fév. et 18 avril 1907 (redresseur électrolytique). — MARSHALL. USAP. 858196, 29 oct. 1906 (oscillateur). — PFANSTIHEL. USAP. 862506, 27 déc. 1906 (bobine d'induction).

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

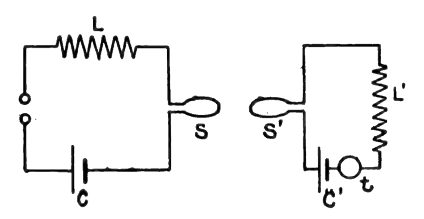
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

LA DÉTERMINATION DES AMORTISSEMENTS.

Dans le précédent article (1) nous avons exposé le procédé de détermination de l'amortissement basé sur l'emploi du détecteur magnétique. Comme nous le disions, ce procédé est, pour l'usage courant, inférieur aux procédés basés sur l'utilisation de la courbe de résonance.

Procédé de la courbe de résonance. — Supposons un excitateur quelconque constitué par une self-induction L et une capacité C, et un résonateur constitué par une self-induction L′ et une capacité variable C′.



On fait agir l'excitateur sur le résonateur par l'intermédiaire de portions de circuit S et S′ appartenant respectivement à l'excitateur et au résonateur. Ces portions de circuit n'intéressent qu'une faible partie des circuits totaux auxquels elles appartiennent et sont placées assez loin l'une de l'autre pour que leur induction mutuelle soit négligeable vis-à-vis des inductions propres L et L′. On fait fonctionner l'excitateur en conservant l'énergie constante, tandis que l'on fait varier progressivement la valeur de la capacité C′.

Si l'on porte en abscisses les périodes θ du résonateur variable, et en ordonnées des grandeurs y proportionnelles à l'énergie mise en jeu dans l'indicateur thermique (2), on obtient une courbe remarquable que Bjerknes a nommée *courbe de résonance*.

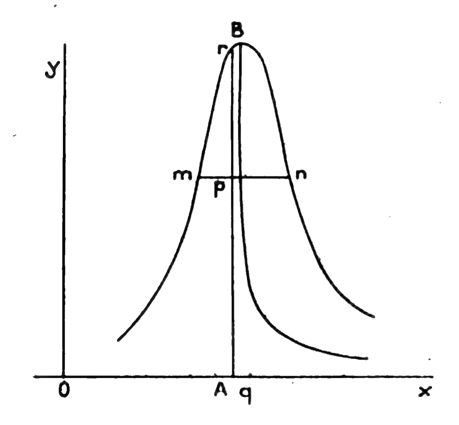
Le diamètre des cordes horizontales est une hyperbole équilatère qui a pour asymptote l'axe des x et une droite parallèle à l'axe des y, différant très peu de la droite $\theta = T$ (T période de l'excitateur).

(1) *La Revue électrique*, t. VIII, 15 nov. 1907, p. 372.

(2) Si l'indicateur thermique est gradué en ampères, on portera les carrés des indications en ordonnées. De plus, si les variations de période s'obtiennent par des variations de capacité, on portera en abscisses les racines carrées des capacités variables proportionnelles aux périodes.

Le rapport selon lequel l'asymptote coupe les cordes parallèles aux x fournit la moyenne des décréments de l'excitateur et du résonateur.

Une corde quelconque mn rencontre l'asymptote parallèle aux y en un point p qui divise la corde en deux segments $mp = a$, $pn = b$, et l'ordonnée de l'asymptote en deux autres segments $pq = c$ et $pr = d$.



Si l'on désigne les décréments respectifs de l'excitateur et du résonateur par γ et δ, on a

$$\omega = \frac{\gamma + \delta}{2} = \frac{\pi}{T}\sqrt{\frac{abc}{d}}.$$

L'application du tracé de la courbe de résonance à la détermination des amortissements suppose essentiellement que l'on fasse varier la période du résonateur, peu importe d'ailleurs de quelle manière, mais que ce soit le seul élément qui varie. Elle suppose en outre que les indications du détecteur sont proportionnelles à l'énergie totale mise en jeu dans le résonateur.

On satisfera à ces conditions, par exemple, en prenant comme résonateur un *ondemètre* quelconque à capacité variable. La variation de période provenant de la variation seule de la capacité, l'amortissement propre du résonateur, $\delta = \frac{R}{2L}T$, conservera une valeur sensiblement constante.

La méthode est très générale et peut acquérir une grande précision. Pour les mesures courantes, on prendra comme indicateur thermique un ampèremètre à fil chaud. Mais en substituant à l'ampèremètre un bolomètre on pourra opérer en disposant

le résonateur très loin de l'excitateur, c'est-à-dire avec un couplage extrêmement faible.

Une seule mesure ne fournit d'ailleurs que la somme $(\gamma + \delta)$ des décréments de l'excitateur et du résonateur. Si l'on connaît le décrément du résonateur, on en déduira immédiatement le décrément cherché γ.

Quand le résonateur a une forme géométrique simple, par exemple quand c'est un cadre rectangulaire, on peut obtenir la valeur de son décrément par le calcul à l'aide de la relation

$$\delta = \frac{R}{2L} T,$$

R est la résistance du fil du résonateur pour la fréquence $\frac{1}{T}$, elle est donc différente de la résistance ohmique.

Quand on ne connaît pas la valeur δ du décrément du résonateur, et qu'on ne peut en faire le calcul approché, une seconde expérience permet d'obtenir la valeur de γ, c'est-à-dire de déterminer séparément γ et δ.

A cet effet, on trace une seconde courbe de résonance après avoir intercalé dans le résonateur une résistance non inductive qui porte son décrément, de la valeur primitive δ à la valeur δ_1.

Comme le décrément de l'excitateur a conservé la même valeur γ, le relevé des éléments de la seconde courbe donne

$$\frac{\gamma + \delta_1}{2} = \omega_1.$$

On prend soin d'opérer avec la même énergie d'excitation pour relever les deux courbes de résonance.

Si l'on désigne alors par Y_0 le maximum des indications du thermique pour la première courbe, par Y'_0 le maximum pour la seconde courbe, la théorie de la résonance montre que l'on a

$$Y_0 \gamma \delta (\gamma + \delta) = Y'_0 \gamma \delta_1 (\gamma + \delta_1).$$

De sorte que l'on a trois relations pour calculer γ, δ et δ_1 qui donnent en particulier

$$\gamma = 2 \frac{Y_0 \omega^2 - Y'_0 \omega_1^2}{Y_0 \omega - Y'_0 \omega_1}.$$

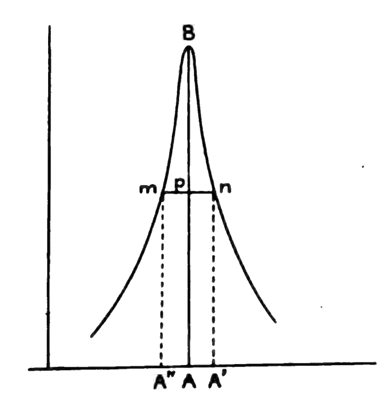
Procédé de l'ondemètre sans tracé de la courbe. — On peut se contenter souvent, surtout si les amortissements sont faibles, d'un procédé très simple.

Par variation de la capacité C′ de l'ondemètre, on met le résonateur à l'accord et l'on note l'indication maximum Y_0 de l'ampèremètre thermique.

Puis on fait varier la capacité C′, en deçà et au delà de l'accord, de manière à réduire la déviation à une valeur $Y_1 = \frac{Y_0}{\sqrt{2}}$. Cette déviation Y_1 correspond à deux ordonnées $Y_1^2 = \frac{Y_0^2}{2}$ de la courbe de résonance, ou

$$\overline{mA''} = \overline{nA'} = \frac{AB}{2}.$$

Si la courbe de résonance est pointue, l'hyperbole se confond sensiblement avec son asymptote verticale



et le point p est le milieu de la corde mn. Dans la relation générale

$$\omega = \frac{\gamma + \delta}{2} = \frac{\pi}{T}\sqrt{\frac{abc}{d}},$$

on a ici

$$a = b, \qquad c = d,$$

c'est-à-dire

$$\omega = \frac{\pi}{T} a.$$

Mais

$$\overline{mp} = \overline{pn} = a = \frac{\overline{mn}}{2}.$$

Et, si l'on désigne par T′ et T″ les périodes qui correspondent aux points n et m, c'est-à-dire A′ et A″, on a

$$\overline{mn} = T' - T''.$$

Par suite

$$\omega = \frac{\pi}{2} \frac{T' - T''}{T}.$$

Si le résonateur est un ondemètre, gradué en longueurs d'ondes, on a également

$$\omega = \frac{\pi}{2} \frac{\lambda' - \lambda''}{\lambda};$$

ou, si c'est un ondemètre à capacité variable,

$$\omega = \frac{\pi}{2} \frac{\sqrt{C'} - \sqrt{C''}}{\sqrt{C}};$$

T, λ, C sont les valeurs respectives de la période, de

la longueur d'onde, ou de la capacité qui correspondent à la résonance. T′, T″; λ′, λ″; C′, C″ sont les valeurs respectives des périodes, longueurs d'onde, ou capacités qui correspondent aux deux désaccords du résonateur pour lesquels l'indication du thermique est réduite à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ de la valeur correspondant à la résonance.

Procédé du décrémètre. — Quand les systèmes sont en résonance, il existe une relation simple entre l'énergie mise en jeu dans le résonateur et les amortissements respectifs des systèmes en présence.

Si l'on désigne par γ le décrément de l'excitateur et par δ le décrément du résonateur accordé, on a

$$I_0 = \frac{a^2}{\gamma\delta(\gamma+\delta)},$$

a^2 étant un facteur qui ne dépend que de l'énergie mise en jeu à l'excitateur et de la situation respective des circuits.

D'ailleurs, si le détecteur thermique intercalé dans le résonateur est un instrument gradué en ampères, et que l'on désigne son indication par i_0, on a

$$I_0 = K i_0^2 = \frac{a^2}{\gamma\delta(\gamma+\delta)}.$$

Supposons que, laissant le résonateur à l'accord, on fasse varier progressivement son amortissement en modifiant le décrément δ d'une quantité variable x.

En attaquant le résonateur avec la même énergie d'excitation, on obtient une déviation i telle que

$$K i^2 = \frac{a^2}{\gamma(\delta+x)(\gamma+\delta+x)},$$

c'est-à-dire que les valeurs i du courant dans le thermique sont fonction de x.

Posons $\frac{1}{i} = z$, il vient

$$m^2 z^2 = \gamma(\delta+x)(\gamma+\delta+x),$$

m^2 étant une nouvelle constante.

Si l'on porte les x, c'est-à-dire les variations du décrément, en abscisses et les z, c'est-à-dire les inverses du courant, en ordonnées, on obtient une hyperbole

$$(1) \qquad x^2 - m^2 z^2 + 2\left(\delta + \frac{\gamma}{2}\right)x + \delta(\gamma+\delta) = 0,$$

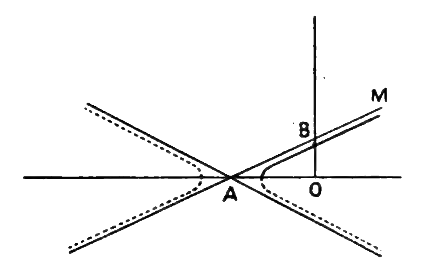
dont les asymptotes sont les droites

$$mz = \pm x + \left(\delta + \frac{\gamma}{2}\right),$$

et le centre un point A de l'axe des x, qui a pour abscisse

$$x_0 = -\left(\delta + \frac{\gamma}{2}\right).$$

Quand γ et δ sont faibles, les branches de l'hyperbole se confondent très vite avec leurs asymptotes. De sorte que le tracé graphique de la courbe (1), tracé que l'on peut aisément obtenir par points à l'aide des valeurs fournies par l'observation, donne une branche de courbe qui se confond sensiblement avec la droite MB.



L'intersection de cette droite avec l'axe des x fournit le point A, centre de l'hyperbole, c'est-à-dire donne la valeur numérique de $\left(\delta + \frac{\gamma}{2}\right)$.

La variation progressive du décrément δ s'obtient très simplement en intercalant en série dans le résonateur des résistances non inductives.

Les valeurs de x sont proportionnelles aux valeurs ρ des résistances intercalées, le facteur de proportionnalité $\frac{1}{2L}T$ étant aisément déterminé à l'aide d'un étalonnage préalable.

L'appareil qui sert à opérer les mesures, ou *décrémètre,* se compose essentiellement d'un ondemètre, à capacité variable, et d'une résistance non inductive, également variable, susceptible d'être intercalée dans le résonateur pour en faire varier progressivement le décrément. Cette résistance non inductive est constituée par des bouts rectilignes de fils très courts et de grande résistivité. L'introduction de ces résistances dans le résonateur n'en modifie pas la self-induction.

Le thermique est gradué en inverse $\frac{1}{i}$ du courant, de manière à donner, par lecture directe, les valeurs de z qu'il convient d'utiliser pour le tracé graphique.

La mesure comporte deux observations successives :

1° La résistance non inductive étant à zéro, on procède à l'accord du résonateur en faisant varier la capacité de manière à obtenir la déviation la plus grande possible du thermique.

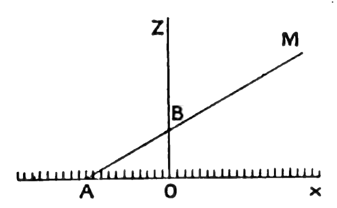
Cette première opération donne la période T de la source.

2° Laissant le résonateur à l'accord, on fait varier progressivement la valeur de la résistance intercalée en notant l'indication du thermique correspondant à chacune des valeurs attribuées à la résistance.

Toutes ces opérations doivent, bien entendu, être effectuées à énergie d'excitation constante.

On porte alors sur une feuille millimétrée : en abscisses, les valeurs, en *ohms*, des résistances ; en ordonnées, les lectures correspondantes $z = \frac{1}{i}$ faites au thermique. On obtient ainsi une droite MB qui coupe l'axe des x en un point A, dont la distance à l'origine O, évaluée à l'échelle des abscisses (c'est-à-dire en ohms), donne une valeur ρ_0. Et l'on a

$$\frac{\rho_0}{2L}T = \delta + \frac{\gamma}{2},$$



c'est-à-dire la valeur de γ, δ étant connu une fois pour toutes pour le résonateur employé.

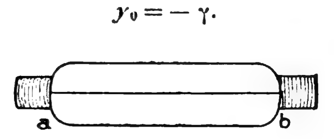
Cas où γ est notablement plus grand que δ. — Il est clair que l'on peut agir sur γ au lieu d'agir sur δ. En faisant varier γ d'une quantité y, et opérant comme précédemment, on obtiendra

$$y_0 = -\left(\gamma + \frac{\delta}{2}\right).$$

Pour faire varier γ on intercalera des résistances non inductives croissantes dans l'*excitateur*. Comme ces résistances sont appelées à laisser passer un courant beaucoup plus fort que celui qui est mis en jeu dans le résonateur il faut les choisir en conséquence. Elles peuvent être avantageusement constituées par des filaments *droits ab* de lampes à incandescence, montés dans des ampoules.

Si γ est beaucoup plus grand que δ (ce sera, par exemple, le cas d'une antenne et d'un ondemètre), on aura sensiblement

$$y_0 = -\gamma.$$



Le tracé de la droite est d'ailleurs inutile si l'on désire seulement une valeur approchée.

Quand on fait varier γ de la quantité y, on a, en effet,

$$Ki^2 = \frac{a^2}{\delta(\gamma + y)(\gamma + y + \delta)},$$

ou

$$i^2 = \frac{a^2}{K\delta} \frac{1}{\left[\left(\gamma + \frac{\delta}{2}\right) + y\right]^2 - \frac{\delta^2}{4}}.$$

De sorte que, si δ est petit et $\frac{\delta^2}{4}$ négligeable, on a

$$i = \frac{a}{\sqrt{K\delta}} \frac{1}{\left(\gamma + \frac{\delta}{2}\right) + y}.$$

Pour $y = 0$, i prend sa valeur maximum

$$i_0 = \frac{a}{\sqrt{K\delta}} \frac{1}{\left(\gamma + \frac{\delta}{2}\right)}.$$

Et, pour $y = \gamma + \frac{\delta}{2}$, i prend la valeur

$$i_1 = \frac{a}{\sqrt{K\delta}} \frac{1}{2\left(\gamma + \frac{\delta}{2}\right)} = \frac{i_0}{2}.$$

Il suffit de noter la valeur de la résistance intercalaire pour laquelle le courant est réduit *à la moitié* de sa valeur primitive.

Cette observation très rapide convient particulièrement au cas des antennes dont elle fournit la *résistance d'émission*.

C. TISSOT,
Lieutenant de vaisseau,
Professeur à l'École navale.

TÉLÉPHONIE.

Dispositif utilisant les conducteurs d'un réseau de distribution, par R. GOLDSCHMIDT (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, t. XXIV, octobre 1907, p. 565-571). — Dans cet article l'auteur décrit un dispositif pour lequel il a pris un brevet il y a quelques années (brevet belge 170580 du 9 novembre 1903), fait connaître les résultats des essais qu'il a entrepris et enfin indique quelques applications auxquelles ce dispositif se prêterait.

Dans ce dispositif le poste transmetteur et le poste récepteur sont branchés sur les conducteurs du réseau d'éclairage qui dessert les deux personnes qui veulent se mettre en communication téléphonique. Le poste transmetteur est constitué par un microphone puissant et sensible, du genre Gaillard et Ducretet par exemple, et d'une bobine d'induction ; le fil primaire de celle-ci est relié au microphone, à une pile et à une résistance variable permettant de régler l'intensité du courant dans le microphone ; le fil secondaire, long et fin, est connecté aux conducteurs du réseau d'éclairage, soit directement si ce fil est suffisamment résistant, soit

avec une résistance en série si l'on juge celle-ci nécessaire. Le poste récepteur est constitué par une bobine semblable dont le circuit à gros fil est connecté à un récepteur téléphonique ordinaire. Quand on parle devant le microphone transmetteur, les variations du courant qui le traverse produisent dans la bobine correspondante des courants induits qui se propagent dans les fils du réseau, traversent la bobine du poste récepteur et agissent par induction sur le circuit du téléphone de ce poste [1]. Pour l'appel, le transmetteur est remplacé par un interrupteur rotatif placé en dérivation sur le réseau; au téléphone récepteur on substitue, par le jeu d'un commutateur qui fonctionne automatiquement quand on accroche ce récepteur, un relais sensible commandant le circuit d'une sonnerie; les interruptions de courant au poste transmetteur actionnent le relais [2].

Les essaits faits par M. Goldschmidt ont montré que deux abonnés d'un réseau d'éclairage séparés par une distance de plusieurs kilomètres peuvent ainsi entretenir des communications téléphoniques, très nettes pendant toute la journée, un peu pénibles le soir par suite des bruits parasites résultant des extra-courants provoqués par les fermetures et ouvertures des interrupteurs d'éclairage des autres abonnés. Quant au dispositif d'appel il ne fonctionne bien que si les deux postes sont assez rapprochés.

Mais, si les communications téléphoniques sont possibles, l'auteur ne dissimule pas qu'il serait très difficile d'assurer le secret de ces communications, tous les récepteurs placés sur le réseau reproduisant les paroles émises devant le transmetteur à moins qu'on y place des appareils sélectifs spéciaux tels que des monotéléphones du genre de ceux imaginés par M. Mercadier. Toutefois ce défaut du système devient une qualité lorsqu'il s'agit de transmettre des informations simultanément à un grand nombre de personnes et l'auteur pense qu'il y a là une application intéressante de son dispositif [3].

Une autre application qu'il signale est la transmission d'appels par sonneries d'appartements. Le poste appelant ne contiendrait alors qu'un interrupteur rotatif réglé de manière que les interruptions de courant qu'il produit agissent sur les postes récepteurs d'un appartement et non sur ceux d'un appartement voisin. Ce système d'appel aurait non seulement l'avantage de supprimer la pose de fils spéciaux pour les sonneries, mais encore celui de supprimer les piles dont l'entretien est toujours une sujétion.

(1) Nous croyons devoir faire remarquer qu'en principe ce dispositif n'est pas nouveau et qu'il a été proposé et appliqué il y a plus de 10 ans pour envoyer de la station centrale d'un réseau de distribution des courants ayant pour but de changer à certaines heures le mécanisme intégrateur des compteurs à double tarification.

(2) L'auteur ajoute que, si l'on intercale dans le circuit de l'interrupteur rotatif une clef Morse, on pourra transmettre des signaux télégraphiques, des points et des traits, en fermant plus ou moins longtemps le circuit de l'interrupteur au moyen de la clef. Ces signaux peuvent être enregistrés au poste récepteur au moyen d'un relais ou être lu au son au moyen du téléphone.

(3) Rappelons à ce propos une information publiée dans le précédent numéro (p. 288) et d'après laquelle un service très développé de renseignements téléphoniques existe aujourd'hui à Budapest.

La reconstitution du réseau téléphonique de Vienne (*Electrotechnische Zeitschrift*, t. XXXVIII, 10 octobre, p. 994). — Au ministère du commerce de Vienne a été étudié un projet de reconstitution du réseau téléphonique de Vienne; ce projet sera réalisé incessamment; il contient les améliorations nécessaires et prévoit une installation ultérieure pour 100000 abonnés.

Actuellement, pour les dix vieux quartiers de Vienne, il y a deux bureaux centraux pour 15000 abonnés, y compris les sept bureaux dérivation de ces centrales pour 10000. Pour les autres quartiers de la périphérie on prévoit quatre centrales pour 8000 abonnés.

Dans la première période des constructions on édifiera deux bâtiments dans les VIIe et IIe quartiers pour 10000 abonnés, qui devront être mis en service fin 1909. La disposition intérieure de ces nouveaux bureaux sera celle qui existe à Graz, Innsbrück, Krakau et Riechenberg. Les nouveaux bureaux automatiques seront reliés avec les anciens, Berggasse et Dreihufeisengasse, de manière que, pendant la période de transition, les abonnés possédant les derniers appareils communiqueront par les téléphonistes avec les abonnés automatiques.

Le système automatique adopté est le système Strowger modifié par Baurat Diehl. W.

BREVETS RÉCENTS.

Téléphonie : Jackson. USAP. 859884, 18 août 1905 (appel pour lignes secondaires). — Shreeve. USAP. 863230, 4 mai 1906. — Sidler. USAP. 864341, 14 nov. 1904 (annonciateur). — Siemens und Halske Akt. Ges. BP. 287 et 288, 1907. — The Vote-Berger Co. BF. 377603, 8 mai 1907 (perfectionnements dans le mode de fonctionnement des systèmes téléphoniques). — Therrell. USAP. 865215, 23 juil. 1904 (système). — Warth. USAP. 864713, 25 janv. 1907 (répétiteur). — Watkins, Goodsell et Dowell. BF. 379290, 28 juin 1907 (sélecteur pour téléphone). — Webster. USAP. 853286, 1er août 1902 (ligne téléphonique); 855565, 16 déc. 1906 (dispositif téléphonique). — Weman, USAP. 853389, 20 déc. 1905 (signal ou appel téléphonique). — Wilson. USAP. 860175, 29 oct. 1904 (système). — Winston. USAP. 861340 et 863338, 5 janv. 1905 (appareil téléphonique et circuit dérivé pour système à batterie centrale). — *Téléphonie sans fil* : Forest (de). BP. 28125, 1906. — Darmezin. BF. 379782, 17 sept. 1906 (système de téléphonie sans fil). — Société Mac Carty Wireless Telephone Co. BF. 375025, 12 mars 1907 (système de téléphonie sans fil).

Divers : Belin. USAP. 853755, 10 juil. 1905 (transmission à distance des images). — Berjonneau. BF. 376728, 13 avril 1907 (appareil téléphotographique). — Kitsee. USAP. 863852, 5 fév. 1904 (transmission de la pensée par l'électricité). — Korn. BP. 8727, 1907 (téléphotographie) — Société anonyme *Le Matin*. BF. 376904, 19 avril 1907 (télégraveur).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

ÉLECTROMÉTALLURGIE DU NICKEL.

Dans un précédent article ([1]) nous avons fait connaître les procédés électrométallurgiques par voie sèche; dans celui-ci nous exposons les procédés récemment brevetés et les recherches récentes concernant la voie humide.

Électrométallurgie par voie humide. — Étant connue la facilité avec laquelle il est possible d'obtenir en galvanostégie le nickel sous forme d'un beau dépôt métallique dense et adhérent, on peut croire qu'il est très facile d'extraire par électrolyse le nickel de ses solutions provenant du traitement des minerais, ou encore de raffiner électrolytiquement le nickel impur, comme on le fait pour le cuivre. Malheureusement, on constate que, dès que le dépôt de nickel atteint une certaine épaisseur (quelques dixièmes de millimètre), le métal devient cassant, se fissure et s'exfolie de telle sorte qu'il est ainsi inutilisable et doit être refondu. On a attribué cet inconvénient à une oxydation, mais cela n'est pas absolument démontré. D'un autre côté, le raffinage électrolytique du nickel impur présente des difficultés, parce que, parmi ces impuretés, se trouvent des corps, tels que le cuivre, plus électronégatifs que le nickel et qui, se dissolvant à l'anode, se déposent à la cathode avant ou en même temps que le nickel.

C'est pour ces raisons que, jusqu'à ces dernières années, on n'avait pas réussi à fabriquer industriellement du nickel électrolytique, malgré les procédés assez nombreux qui avaient été proposés.

Parmi ces derniers, nous citerons le procédé E. André ([2]), qui consiste à traiter comme anodes, les mattes de nickel ou les alliages impurs de ce métal. On prend comme cathodes des plaques de cuivre ou de charbon et comme électrolyte de l'acide sulfurique étendu.

L'électrolyse se fait à une densité de courant suffisamment faible pour qu'il ne se sépare que du cuivre à la cathode, tandis que le nickel dissous à l'anode reste en solution. Pour éliminer les dernières traces de cuivre de cette solution, on termine l'électrolyse en remplaçant à l'anode la matte ou l'alliage par une plaque de charbon. La solution acide ne renfermant plus que des sulfates de nickel et de fer est traitée par l'ammoniaque et un courant d'air de façon à en séparer le fer à l'état de sexquioxyde. Pour extraire le nickel de la solution rendue ammoniacale, E. André propose de l'électrolyser entre une cathode en charbon ou en cuivre nickelé, ou graphité, et une anode en fer ou en zinc. L'emploi de ces dernières, dans le but d'éviter la polarisation, n'est pas à recommander. L'action dépolarisante du fer est nulle dans ce cas, puisqu'il ne peut entrer en solution, la liqueur étant ammoniacale. Quant au zinc, il se dissout bien, mais il est impossible alors d'éviter que ce métal ne se sépare à la cathode en même temps que le nickel. Il vaut mieux, comme l'a proposé W. Borchers, employer comme anode le charbon en présence de dépolarisants organiques tels que les acides sulfoniques dérivés de la distillation du goudron.

Stahl ([1]) recommande un procédé semblable à celui d'André pour le traitement des alliages impurs de cuivre et de nickel.

Farmer ([2]) a proposé de fabriquer le nickel en plaques dans un appareil électrolytique renfermant une solution de sulfate ou d'azotate double de nickel et d'ammonium, une anode demi-cylindrique en nickel et une cathode cylindrique rotative en laiton ou en cuivre. Mais ce procédé n'évite pas, lui non plus, les inconvénients signalés ci-dessus.

Pour séparer le nickel de ses solutions renfermant, en outre, du cobalt, du fer et du zinc, la Société Basse et Selve ([3]) additionne la solution d'une matière organique (acide tartrique, par exemple) qui empêche la précipitation des oxydes métalliques par les alcalis. On rend ensuite alcaline la liqueur par une addition de soude ou de potasse et l'on électrolyse avec une densité de courant de 0,3 à 1 ampère par décimètre carré. Dans ces conditions, le fer, le cobalt et le zinc se séparent à la cathode, tandis que le nickel seul reste en solution. A cette dernière solution on ajoute du carbonate d'ammoniaque, puis on électrolyse, et l'on dépose ainsi le nickel pur à la cathode.

Hœpfner ([4]) prépare d'abord une solution purifiée de nickel, il l'acidifie avec un acide faible (citrique, phosphorique, etc.), puis il l'électrolyse en prenant soit une anode insoluble, soit une anode

([1]) *La Revue électrique*, t. VIII, 15 novembre 1907, p. 277.
([2]) Brevet allemand 6048 du 1er novembre 1877.

([1]) *Berg-und Hütenm. Zeitung*, 1891, p. 270.
([2]) Brevet américain 381004 du 10 avril 1888.
([3]) Brevet allemand 64251 du 22 décembre 1891.
([4]) Brevet allemand 13336 de 1893.

soluble en zinc plongeant dans un compartiment rempli d'un chlorure de métal plus électropositif que le nickel. Les cathodes sont des disques métalliques rotatifs sur lesquels le dépôt spongieux est empêché par des brosses ou des frotteurs mobiles. Une pompe maintient continuellement l'électrolyte en mouvement.

Rickets (¹) sépare le nickel et le cuivre de leurs solutions en les électrolysant par addition de sulfates alcalins. Tandis que le cuivre se sépare à la cathode, le sulfate double du nickel et du métal alcalin ajouté tombe au fond par suite de sa faible solubilité lorsque le bain s'enrichit en acide.

Plus récemment, la Canadian Copper Company a appliqué le procédé T. Ulke (²) à Cleveland (Ohio).

Dans ce procédé, on raffine des plaques provenant du traitement des mattes au Bessemer et renfermant en moyenne 43,4 pour 100 de cuivre, 40 pour 100 de nickel, 13,8 pour 100 de soufre et 0,3 pour 100 de fer, ainsi que de petites quantités d'argent, de platine et d'or. Ces plaques étant montées comme anodes en regard de cathodes en cuivre, on commence par éliminer le cuivre par électrolyse. L'électrolyte dont on se sert est obtenu par dissolution d'une partie de la matte dans l'acide sulfurique. On lui laisse environ 8 pour 100 d'acide libre et on lui ajoute 0,5 pour 100 de sulfate d'ammonium afin d'empêcher la précipitation de l'arsenic et un peu d'acide chlorhydrique pour retenir l'argent dans les boues. Le cuivre seul se dépose pendant que le nickel reste en solution et que les métaux précieux passent dans les boues.

De la solution on élimine les dernières traces de cuivre par filtration sur une couche de sulfure de nickel, par exemple. Le fer est précipité par une petite quantité d'hydroxyde de nickel. La solution neutre ou légèrement ammoniacale est électrolysée en présence d'anodes insolubles ou d'anodes en nickel impur (à 95 pour 100 de nickel) et de cathodes en nickel pur. Les boues sont traitées à part pour l'extraction des métaux précieux.

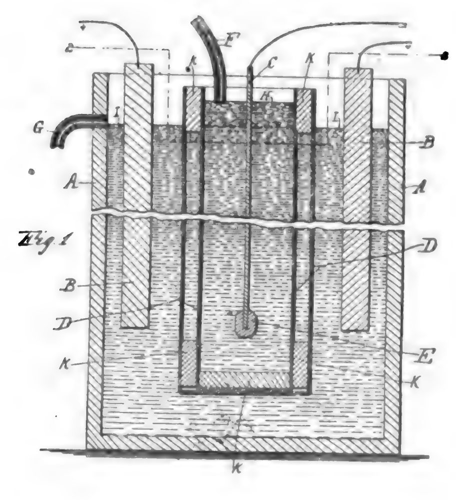
Le Verrier (³) traite les alliages de fer et de nickel résultant du traitement de la garniérite. Il en fait des anodes qu'il électrolyse en solution faiblement basique de chlorure de nickel et d'ammonium. On insuffle de l'air à l'anode : le fer précipite, tandis que le nickel se dépose à la cathode.

N.-V. Hybinette (⁴) sépare électrolytiquement le nickel et le cuivre de leurs alliages ou des mattes sulfureuses renfermant en outre du fer.

A cet effet, on commence par enrichir en nickel la matte en la grillant et en la lessivant avec l'acide sulfurique. Dans ces conditions, le cuivre seul est enlevé jusqu'à ce que le résidu contienne du nickel et du cuivre dans la proportion de 3 à 1. On peut donc constituer des anodes renfermant trois fois plus de nickel que de cuivre.

D'autre part, pendant l'électrolyse de telles anodes, le nickel se dissout plus rapidement que le cuivre qui se retrouve en grande partie dans les boues, à l'état de sulfure de cuivre, lorsqu'on traite des mattes. En pratique, on constate que la moitié environ du cuivre de l'anode passe dans les boues.

On voit que ces deux opérations combinées permettent d'obtenir à l'anode une solution renfermant six fois plus de nickel que de cuivre. Dans l'appareil électrolytique cette solution anodique est évacuée aussitôt produite et, après purification, électrolysée dans le compartiment cathodique. Cet appareil est représenté en figures 1 et 2. La première est une



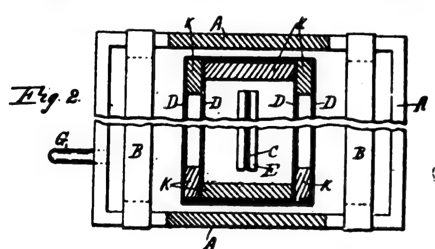


Fig. 1 et 2. — Coupe verticale et vue en plan.

coupe verticale et la seconde une vue en plan. Le réservoir A est en bois avec ou sans doublure de plomb. Il a un trop-plein G qui maintient toujours le niveau de la solution en I et il contient un sac filtrant D. Ce sac est constitué par un cadre en bois K et deux toiles de coton épaisses D séparées par le

(¹) Brevet américain 514276 du 6 février 1894.
(²) *Engineering and Mining Journal* (New-York), n° 5, 1897.
(³) Brevet allemand 112890 de 1898.
(⁴) Brevet français 360101 du 5 décembre 1905.

cadre de bois. La cathode C, munie d'une bordure en bois E, plonge dans le compartiment ainsi formé. La bordure a pour but d'empêcher le contact de la cathode avec le sac. L'arrivée du liquide se fait par F et est réglée de telle manière que le niveau H dans le sac soit plus élevé de 25^{mm} environ que le niveau I. Les anodes B sont formées de l'alliage de cuivre et de nickel ou de la matte à électrolyser. Les cathodes sont des plaques de cuivre de $2^{mm},5$ à 4^{mm} d'épaisseur; elles sont graissées de manière à empêcher le nickel déposé d'adhérer sur elles.

Dans le compartiment cathodique, on introduit la solution purifiée provenant du compartiment anodique et renfermant une solution diluée de sulfate de nickel (par exemple 40^{g} de nickel par litre). On additionne cette solution d'une petite proportion d'un acide faible (phosphorique, borique, lactique, etc.) Le nickel pur se dépose à la cathode, tandis qu'à l'anode les ions SO^4 font entrer en solution du nickel avec un peu de cuivre et de fer. Mais grâce au mouvement du liquide ces ions ne peuvent passer dans le compartiment cathodique et celui-ci renferme toujours une solution pure de sulfate de nickel de concentration invariable. Comme densité de courant, la densité de 0,1 ampère par centimètre carré est convenable.

A la sortie du compartiment anodique, le liquide renfermera par exemple, outre un peu de fer, 39^{g} de nickel et 1^{g} de cuivre par litre. Pour la purifier, on la fait passer dans un réservoir où elle est maintenue à la température d'ébullition et amenée en contact avec des plaques en alliage de cuivre et de nickel contenant par exemple 30 pour 100 de cuivre et qui peuvent être produites économiquement par réduction et fusion de la matte de cuivre-nickel. Dans ces conditions le cuivre de la solution se dépose par précipitation sur les plaques. Cette précipitation se fait beaucoup mieux qu'en employant des plaques de nickel ordinaire à cause des impuretés (carbone, silice ou soufre) que celui-ci renferme.

Après cette précipitation, la solution renferme par litre par exemple $39^{g},9$ de nickel et $0^{g},1$ de cuivre avec un peu de fer. Pour enlever ces dernières traces de cuivre, la solution est traitée à l'ébullition dans un autre réservoir en présence de plaques de nickel pur qui achèvent la précipitation, de sorte que la solution ne renfermera plus à la sortie que 40^{g} de nickel par litre et un peu de fer. Pour éliminer ce dernier, on électrolyse la solution avec des anodes insolubles (platine, plomb, charbon) de façon à transformer le sulfate ferreux en sulfate ferrique. On ajoute ensuite du carbonate de nickel qui précipite le fer et, après filtration, il ne reste plus qu'une solution pure de sulfate de nickel à 40^{g} par litre qu'on envoie dans le compartiment cathodique de l'appareil électrolytique. Le procédé est ainsi continu. Quand le dépôt a atteint une épaisseur suffisante on enlève les plaques de nickel pur obtenu. Les anodes sont remplacées lorsqu'elles sont dissoutes et l'on retrouve dans les boues les métaux insolubles (platine, palladium, or, etc.) ainsi qu'une quantité considérable de cuivre et de sulfure de cuivre.

Tous ces procédés ne donnent pas le moyen d'obtenir directement par électrolyse des plaques de nickel assez épaisses pour pouvoir être soumises directement au travail mécanique. Ce résultat est obtenu, à l'aide d'un procédé tenu secret, par la *Oxford Copper Company* (Constable Hook; New-Jersey, Etats-Unis) [1] qui livre des plaques de nickel électrolytique très malléable et très tenace, d'une épaisseur d'environ 10^{mm}. Comme pureté ce métal titre 99,2 à 99,4 pour 100 de nickel.

Les frais de traitement d'un procédé électrométallurgique par voie humide seraient, d'après W. Borchers [2], de $662^{fr},50$ par tonne de métal (nickel et cuivre) pour un minerai sulfuré renfermant: 2,5 à 5,5 pour 100 de nickel; 1,25 à 4,5 pour 100 de cuivre; 16 à 45 pour 100 de fer; 10 à 26 pour 100 de soufre, et comme gangue: silice, alumine, chaux et magnésie. Ces frais de traitement comprennent: grillage $62^{fr},50$; fusion 250^{fr}; travail de concentration et de métal brut $187^{fr},50$; séparation électrolytique du nickel et du cuivre ($\frac{2}{3}$ de nickel pour $\frac{1}{3}$ de cuivre) $162^{fr},50$ (4300 chevaux-heures).

L. Jumau.

DIVERS.

Fabrication simultanée du phosphore et du carbure de calcium, par J.-T. MOREHEAD. Brevet américain 862093, déposé le 14 octobre 1895, délivré le 30 juillet 1907. — Un mélange de charbon et de phosphate de calcium est chauffé au four électrique. Le phosphore formé se dégage à l'état de vapeurs, en même temps que de l'oxyde de carbone; il reste dans le four du carbure de calcium que l'on fait écouler. Ce carbure de calcium renferme nécessairement du phosphure de calcium, de sorte qu'en présence de l'eau il donne un mélange d'acétylène et de phosphure d'hydrogène spontanément inflammable. Un tel carbure serait donc inapplicable pour l'éclairage à l'acétylène. L'inventeur lui trouve une application dans la confection de sortes de bouées remplies de ce carbure; ces bouées, lancées par un canon, donneraient, dès leur contact avec l'eau, un dégagement gazeux s'enflammant aussitôt et pourraient, dès lors, rendre d'utiles services aux marins pendant la nuit ou en temps de brouillard.

(1) *Jahrbuch der Elektrochemie*, t. II, 1896, p. 182.
(2) *Elektrometallurgie des Nickels*, p. 33.



Traitement des minerais sulfurés de cuivre ou de plomb, par L. ANDERSON. Brevet américain 862871, déposé le 23 fév. 1907, délivré le 13 août 1907. — Le sulfure est placé dans un panier immergé dans une solution d'acide hydrofluosilicique $Si^2F^4, 2HF$. On fait passer un courant de manière que le panier soit cathode; il se produit de l'hydrogène qui réduit le sulfure en donnant un dégagement d'hydrogène sulfuré. On renverse ensuite le sens du courant; le métal du minerai est dissous puis est déposé sur la plaque cathodique. Il paraîtrait que le sulfure de fer qui peut être contenu dans le minerai n'est pas attaqué dans la première opération et que dès lors le fer n'est pas dissous.

L'industrie électrochimique en Norvège, par Emil COLLETT (*Journal de l'Électrolyse*, 15 octobre 1907, p. 2-4). — L'industrie électrochimique est dès actuellement très développée en Norvège grâce à l'abondance en ce pays de chutes d'eau faciles à mettre en valeur et fournissant dès lors l'énergie électrique à un très bas prix.

La régularisation du débit des cours d'eau est en effet favorisée par la nature, par suite de l'existence de vallées profondes et étroites pouvant fournir des bassins d'alimentation importants à l'aide de barrages peu coûteux; de plus les bords escarpés des torrents sont le plus souvent sans végétation, en sorte que les dégâts causés par la submersion des rives n'entraînent pas de grandes dépenses. D'un autre côté, les chutes ont généralement une grande hauteur sur peu de longueur, ce qui rend les canalisations très économiques; en outre, le rocher est le plus souvent assez dur pour rendre inutile un revêtement en maçonnerie des tunnels et canaux et pour fournir de bons matériaux de construction. Enfin l'eau est presque toujours très pure, ne charrie pas de sable, en sorte que l'usure des turbines est insignifiante.

La société électrochimique la plus importante est la SOCIÉTÉ NORVÉGIENNE DE L'AZOTE ET DES FORCES HYDRO-ÉLECTRIQUES, qui applique le procédé Birkeland et Eyde pour la fixation de l'azote atmosphérique. Cette société dispose de nombreuses chutes d'une puissance totale de 450000 chevaux environ. A Notodden, 35000 chevaux de la chute de Svaelg sont aménagés pour la production d'azotate de calcium et d'azotite de sodium. La mise en valeur de la plupart des forces motrices hydrauliques restantes a aussi commencé.

Une autre société est celle des USINES ÉLECTROCHIMIQUES DE HALSFUND, dont le siège est à Genève et qui emploie 22000 chevaux à la production du carbure de calcium et de ferrosilicium. La proportion entre la production de carbure et celle de ferrosilicum varie suivant les saisons, mais généralement la moitié de l'énergie disponible est utilisée pour chaque fabrication. Les fours à carbure nouvellement installés sont de grande puissance : 1000 chevaux environ par four. Ces usines sont situées à Sarpsborg; l'énergie est achetée et provient des chutes de Sarps et de Kikkelsrud.

Au même endroit se trouve la SOCIÉTÉ ANONYME DES PROCÉDÉS DE LAVAL, dont le siège est à Bruxelles et qui prend son énergie aux mêmes sources que l'usine précédente. Elle exploite le procédé de Laval pour l'obtention du zinc fin par distillation au moyen de l'arc électrique des matières diverses contenant du zinc impur. Comme ces matières contiennent généralement du plomb et un peu d'argent, on sépare ces métaux par distillation fractionnée.

A Sarpsborg se trouve encore une société anglaise de cellulose, la KELLNER PARTINGTON C°, qui, outre la cellulose, produit aussi du carbure de calcium et du ferrosilicium en employant 3000 chevaux environ.

Parmi les usines de carbure déjà en marche sont à mentionner celle de la ALBION PRODUCTS C°, à Notodden, qui emploie 2000 chevaux loués à Tinfos et qui bientôt en emploiera 4000, et l'ILLA SMELTEVAERK, qui prend 2500 chevaux aux usines municipales de Trondhjem. Deux usines sont en construction : celle de la NORSK ELEKTROKEMISK AKTIEGELSKAB, à Krageroe, employant 6800 chevaux de la chute de Dals et qui sera en marche en février prochain, et celle de l'ALBY UNITED CARBIDE FACTORY LIMITED, située à Odda, qui, employant environ 20000 chevaux, loués à la Société anonyme Tyssefaldene, produira du carbure dès le printemps 1908; une partie de ce produit sera vendue à la consommation ordinaire, l'autre sera livrée à l'usine de cyanamide NORTH WESTERN CYANAMIDE C°, située à côté de l'usine de carbure, et employant le procédé Frank.

Pour l'aluminium il y a deux usines en construction, une à Stangfjord, non loin de Bergen, avec 3000 chevaux, et une à la chute de Vigelands, près de Kristianssand. Celle de Stangfjord, appartenant à la BRITISH ALUMINIUM C°, sera bientôt en marche, tandis que celle de Vigelandsfos, appartenant à l'ANGLO-NORVEGIAN ALUMINIUM C°, n'est qu'en construction. Elle comprendra quatre groupes de 2000 kilowatts et un de 1360 kilowatts. C'est ce dernier seulement qui sera mis sur l'aluminium au 1er mai prochain, l'alumine étant fournie par l'usine belge de Selzaete, appartenant à la Société Peniakoff. C'est M. Gin, de Paris, qui est l'ingénieur-conseil de cette société pour la partie électrochimique et M. Wührith pour la partie électrique; on y emploiera les procédés Héroult, légèrement modifiés.

A Kristianssand, la BADISCHE ANILIN UND SODAFABRIK a établi une usine d'expérience de 2300 chevaux pour son procédé de fixation de l'azote atmosphérique. La Badische a d'ailleurs fusionné, pour la production des produits azotés provenant de l'azote atmosphérique, avec la Société de l'azote, procédé Birkeland-Eyde.

Comme autres entreprises électrochimiques existent : une usine pour la production du sodium métallique et du peroxyde de sodium, la VADHEIM ELEKTROKEMISKE FABRIKER, à Vadheim, Sognefjord, qui emploie à présent 200 chevaux et sera augmentée bientôt à 400 chevaux environ, et une installation à Moss pour l'extraction de l'étain de toute sorte de déchets et résidus contenant ce métal. A proximité de Stavanger on construit une petite usine de 1000 chevaux pour la fabrication de l'acier électrique.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

LES ALLIAGES MAGNÉTIQUES DE MANGANÈSE (¹).

HYSTÉRÉSIS. FORMULE DE STEINMETZ. — Les courbes d'hystérésis de ces alliages sont semblables à celles des fers carburés, et nous avons vu que des relations de même forme peuvent relier les différents éléments des unes et des autres. Fleming et Hadfield, qui ont construit un certain nombre de ces courbes, ont cherché si la formule de Steinmetz représentant l'énergie d'hystérésis par cycle,

$$W = \eta B^{\varepsilon},$$

s'applique aussi à ces alliages; il ont trouvé qu'une relation de cette forme convient effectivement, mais avec une valeur de l'exposant ε supérieure à la valeur 1,6 qui convient (dans certaines limites) pour les fers carburés; pour leur premier alliage (*voir* précédent article), la formule la plus convenable était

$$W = 0,00055\, B_{max}^{2,238},$$

et, pour le second alliage,

$$W = 0,000776\, B_{max}^{2,288}.$$

ACTION DE LA TEMPÉRATURE. — Elle est encore mal connue; ce qui paraît certain, c'est que, lorsqu'un de ces alliages a dans son état initial des propriétés magnétiques bien marquées, ces propriétés décroissent régulièrement à mesure qu'on élève la température (comme pour le fer et le nickel), et disparaissent, au moins à peu près complètement, à une température qui est d'autant plus élevée que la proportion de manganèse est plus grande, et qui a varié environ de 100° à 320° pour les alliages les mieux étudiés; la présence de métaux autres que Cu-Mn-Al abaisse ce point critique, particulièrement celle du plomb (Heusler).

D'ailleurs, le fait de soumettre un alliage à la température de l'air liquide et de le laisser revenir à la température ordinaire modifie peu les propriétés magnétiques, au contraire de ce qui a lieu pour les aciers au nickel.

Par contre, on n'est pas encore bien fixé sur l'action d'une chauffe à température élevée, suivie d'un refroidissement; mais, dans la plupart des cas, ce traitement altère beaucoup les propriétés magnétiques, ce qui montre l'instabilité de l'état initial des alliages.

Voici, d'ailleurs, les principales observations relatives à l'action de la température :

Nous avons vu que, pour l'un des alliages de Gumlich, les propriétés magnétiques ont été beaucoup augmentées après une chauffe prolongée à 110°; mais une chauffe à 160° les a au contraire diminuées; un refroidissement à la température de l'air liquide pendant deux heures n'a pas eu d'action sensible.

Hill a étudié, à champ constant $H = 85$ gauss, le second des alliages dont j'ai parlé plus haut, c'est-à-dire le moins magnétique; quand on élève progressivement la température de 0° à 320°, l'intensité d'aimantation I décroît progressivement de 311 ($B = 4000$) à 0; après refroidissement à partir de 320°, I a un peu diminué; après une nouvelle chauffe, portée cette fois jusqu'à 500°, I avait beaucoup diminué ($I = 27$), et un refroidissement dans l'air liquide a peu altéré cette valeur ($I = 36$); après une nouvelle chauffe à 650° et refroidissement lent (il n'y a pas d'indication pour les autres refroidissements), I était revenu cette fois à la valeur 90, et, après une chauffe jusqu'à environ 850°, à $I = 155$; un nouveau traitement à l'air liquide a encore peu altéré cette valeur ($I = 162$).

Le fait important qui paraît être ainsi mis en évidence serait une sorte d'irréversibilité de l'alliage, mais en sens inverse de celle des aciers au nickel; l'alliage, rendu peu magnétique par une chauffe à 500° environ, redeviendrait fortement magnétique après une chauffe à température plus élevée.

Il semble cependant que cette température ne doit pas être trop élevée, car, Hill ayant porté son premier alliage, le plus magnétique, à environ 950°, après refroidissement cet alliage avait à peu près complètement perdu ses propriétés magnétiques; il est remarquable que, dans cet état non magnétique, sa densité (5,8) était plus faible que dans l'état primitif magnétique (6,61); pour les aciers au nickel se manifeste une différence de sens inverse.

D'ailleurs, l'observation faite par Gray, et qui sera rapportée plus loin, qu'un tel alliage est fortement magnétique à la température de l'air liquide, montre que les variations du magnétisme de ces alliages en fonction de la température sont plus com-

(¹) Le commencement de cet article a paru dans les précédents numéros (t. VIII, 15 nov. 1907, p. 285); l'auteur y exposait les faits généraux concernant ces alliages et donnait les résultats des mesures d'induction magnétique faites sur eux.

plexes que pour les aciers au nickel, et sont encore insuffisamment connues.

Dans un second travail, Hill a étudié quatre nouveaux alliages, pour essayer de confirmer ses observations précédentes, mais les résultats qu'il a obtenus semblent cette fois-ci bien moins nets : l'un de ces alliages (65Cu, 34Al, 1Mn) était sensiblement non magnétique, soit dans l'état initial, soit après chauffe; pour les trois autres, le magnétisme initial, étudié à champ fixe $H = 38$, a décru régulièrement jusque vers 320°, température à laquelle il avait à peu près disparu; il est resté nul aux températures plus élevées, jusqu'aux limites des expériences, 890° environ; d'ailleurs chacun de ces alliages a été étudié de nouveau à la température ordinaire, après chauffe à différentes températures, et voici les valeurs ainsi trouvées pour l'intensité d'aimantation, pour $H = 38$; le quatrième alliage indiqué dans le Tableau est celui dont l'histoire a été rapportée plus haut et correspond au champ $H = 85$.

Alliage. Cu.	Al.	Mn.	I Initiale.	I après chauffe à la température indiquée.			
74	22	4	175	520°	750°	890°	
				44	47	53	
65	32,5	2,5	123	320°	500°	730°	890°
				128	48	41	44
63	34,3	3(?)	41	325°	490°	810°	
				41	14	63	
60	un peu plus de 15	25	311	368°	500°	650°	850°
				267	27	90	155

Hill pense que ces résultats confirment cependant que les propriétés magnétiques, après chauffe à une température donnée, décroissent d'abord quand cette température de chauffe croît, passent par un minimum et croissent ensuite. Il y aurait évidemment à reprendre ces expériences sur des échantillons plus riches en manganèse et par suite plus magnétiques, pour lesquels les variations seraient plus nettes.

Gray a justement étudié un alliage plus riche (16Mn, 8Al, un peu de Pb); dans son état initial, cet alliage n'était pas magnétique; chauffé à 400° et refroidi lentement, il est devenu magnétique; une nouvelle chauffe de 20 minutes à 320°, suivie d'un refroidissement lent, a encore augmenté son magnétisme ($I = 57$ pour $H = 90$); chauffé de nouveau à 400° et refroidi, cette fois, brusquement, il est resté très peu magnétique à la température ordinaire ($I = 10$ pour $H = 90$). Gray étudia ensuite l'alliage à la température même de l'air liquide : or, il l'a trouvé à cette température plus magnétique que dans tous les états antérieurs ($I = 75$ pour $H = 90$), avec beaucoup moins d'hystérésis; revenu à la température ordinaire, l'alliage a repris à peu près l'état peu magnétique qu'il avait avant d'être refroidi par l'air liquide. A la fin de sa courte Note, Gray indique qu'une étude analogue est continuée sur d'autres échantillons, mais, à ma connaissance, rien n'a été publié par lui depuis.

De nombreuses mesures faites par Take, à Marburg, sur des alliages riches (18 à 26 pour 100 de manganèse), n'ont pas élucidé la question, tout en révélant des faits intéressants. Il constate d'abord que le point critique d'un alliage dépend beaucoup de son histoire thermique : si on le chauffe à plusieurs reprises jusqu'au point critique et qu'après refroidissement on détermine de nouveau le point critique, on trouve que celui-ci s'élève beaucoup, par exemple d'une centaine de degrés après plusieurs chauffes. D'ailleurs, si l'on chauffe un alliage à une température supérieure au point critique, 520° par exemple, en général il perd d'une manière permanente ses propriétés magnétiques, c'est-à-dire ne les reprend pas à la température ordinaire; au contraire, quelques-uns ont eu, dans les mêmes conditions, leurs propriétés magnétiques augmentées. La température de 520° n'a pas été dépassée dans ces expériences, dont on ne peut déduire ainsi aucune comparaison avec les résultats de Hill.

Take a constaté, comme les physiciens précédents, qu'un refroidissement passager à la température de l'air liquide modifie peu ou point les propriétés magnétiques.

Il a cherché comment varie le point critique initial, c'est-à-dire après préparation des alliages, pour des alliages contenant alliés au cuivre le manganèse et l'aluminium dans la proportion Mn Al; le point critique initial passe de 135° à 260° environ, quand la proportion de Mn Al passe de 27 à 37,6 pour 100.

Il reste donc beaucoup à faire pour préciser l'action de la température; il y aurait lieu de bien séparer les phénomènes qui se produisent lorsque le refroidissement consécutif à une chauffe est très lent et lorsqu'il est très rapide; dans le premier cas, on peut espérer avoir l'alliage dans un état bien défini à la température ordinaire; dans le second, les propriétés correspondant à la température de chauffe peuvent subsister en partie.

Variations permanentes de volume. — Nous avons vu que Hill a trouvé une diminution permanente de la densité dans le passage d'un état magnétique (à la température ordinaire) à un état non magnétique, par chauffe à haute température; mais, parmi les échantillons étudiés par Take dans les mêmes conditions, certains ont donné le même phénomène (constaté ici seulement par une augmentation permanente de la longueur), et certains le phénomène inverse. C'est donc un point qui ne paraît pas encore fixé.

ANOMALIE DE LA DILATATION LORS DU PASSAGE AU POINT CRITIQUE. — Take a constaté, il semble, pour tous les échantillons étudiés, une légère contraction anormale à l'échauffement et une dilatation anormale généralement plus faible au refroidissement; après des chauffages répétés ou prolongés, ces anomalies devenaient très faibles, ou disparaissaient.

MAGNÉTOSTRICTION. — Austin, puis Guthe et Austin, ont constaté une dilatation régulière des tiges de ces alliages, à mesure que l'aimantation croît; les courbes d'aimantation et d'allongement sont à peu près semblables; cependant l'allongement, très faible dans les champs faibles, croît plus vite que l'aimantation. Le rapport entre l'allongement relatif et l'intensité d'aimantation est plus grand que pour le fer. L'allongement relatif est d'autant plus grand que l'alliage est plus magnétique; par exemple, pour le plus magnétique des alliages étudiés, il était de $17,4.10^{-7}$ pour un champ de 570 gauss, produisant une intensité d'aimantation $I = 365$.

VARIATION DU POUVOIR THERMOÉLECTRIQUE. — Guthe et Austin n'ont pu constater aucune variation du pouvoir thermoélectrique concomitante de l'aimantation, même en élevant le champ magnétisant jusqu'à 1000 gauss. On sait que, cependant, l'aimantation influe d'une manière notable sur les propriétés thermoélectriques du fer et des aciers [1].

TRAINAGE MAGNÉTIQUE. — Ces alliages donnent lieu à des phénomènes très marqués de traînage magnétique, observés surtout par Gumlich. Après qu'on a établi une certaine valeur du champ magnétique, il faut attendre plusieurs minutes pour que l'intensité d'aimantation ait acquis une valeur à peu près fixe. Comme pour le fer, le traînage est surtout important pour les faibles valeurs de l'aimantation; par exemple, au voisinage du champ coercitif, il est assez marqué pour entraîner une erreur non négligeable dans les mesures au balistique de l'induction magnétique.

ESSAIS DE THÉORIE. — Les renseignements qu'on a actuellement sont si incomplets qu'il serait évidemment inutile d'essayer de constituer une théorie complète des alliages d'Heusler; un essai de théorie ne peut être, en l'état actuel des choses, qu'une indication, mais ces indications ont l'intérêt de guider les chercheurs.

Le fait fondamental qu'il s'agit d'expliquer est la propriété ferromagnétique d'alliages ne contenant que des métaux non ferromagnétiques. D'abord, le manganèse lui-même n'est-il pas ferromagnétique? Nous avons vu qu'on sait très peu de choses sur ses propriétés magnétiques, et rien du tout sur leur variation avec la température.

M. Guillaume fait l'hypothèse que le manganèse serait ferromagnétique au-dessous d'une certaine température extrêmement basse, et que le rôle de l'aluminium ou de l'étain serait ici de relever le point de transformation du manganèse jusqu'aux températures trouvées comme points de transformation des alliages. Cette hypothèse est très judicieuse et s'appuie sur plusieurs faits. D'une manière générale, l'adjonction d'un métal à un autre abaisse les points de transformation de ce dernier; mais il y a des cas inverses, où justement l'aluminium ou l'étain paraissent jouer le rôle déterminant : il existe des alliages d'or et d'aluminium, de bismuth et d'aluminium, de sodium et d'étain, moins fusibles que le plus réfractaire de leurs constituants. D'ailleurs, on connaît des cas où la température de transformation d'un métal magnétique n'est pas abaissée par l'union avec un autre métal : les alliages de nickel et d'or, de moins en moins magnétiques à mesure que la proportion de nickel diminue, ont tous à peu près la même température critique, même jusqu'à l'alliage contenant seulement 10 pour 100 de nickel.

Le fait que pour une quantité donnée de manganèse les propriétés magnétiques sont les plus marquées lorsque la quantité d'aluminium correspond à MnAl, a conduit plusieurs auteurs à admettre l'existence d'une combinaison de formule MnAl, qui serait ferro-magnétique; cette opinion est appuyée par le fait, moins bien établi, que la proportion d'étain, jouant le rôle de l'aluminium, qui donne les propriétés magnétiques les plus marquées, correspond aussi à une formule définie $SnMn^3$, laquelle représenterait aussi une combinaison ferromagnétique. D'aucuns ont même considéré les propriétés magnétiques des alliages d'Heusler comme démontrant que le ferromagnétisme est non une propriété atomique, mais une propriété liée à certains groupements moléculaires; il n'était pas besoin de cette démonstration, le simple fait que le fer ou le nickel sont, suivant la température, ferromagnétiques ou non, montrant bien que le ferromagnétisme n'est pas une propriété de l'atome. Quant à l'existence de combinaisons ferromagnétiques du manganèse, elle est évidemment possible; les expériences de Wedekind sur des corps qui paraissent être certainement des combinaisons semblent montrer qu'il existe réellement de telles combinaisons. Il faudrait, pour préciser et pour relier les faits à la théorie de M. Guillaume, avoir quelques renseignements sur la constitution des alliages d'Heusler.

POSSIBILITÉ DE L'EXISTENCE D'AUTRES ALLIAGES FERROMAGNÉTIQUES. — Quoi qu'il en soit de l'explication

(1) L. HOULLEVIGUE, *Ann. de Chimie et de Physique*, 7e série, t. VII, 1906, p. 495-568.



du ferromagnétisme des alliages d'Heusler, il ne paraît guère douteux qu'il soit lié à la présence du manganèse, métal très voisin du fer, du nickel et du cobalt, par l'ensemble de ses propriétés.

Les essais faits avec le chrome, métal du même groupe, n'ont pas, jusqu'ici, donné de résultats.

On peut se demander s'il y aurait lieu de répéter ces essais avec d'autres métaux; un guide, à ce sujet, est la comparaison des magnétismes atomiques des métaux dans leurs combinaisons.

On appelle *susceptibilité spécifique* d'une substance la susceptibilité rapportée à la masse, c'est-à-dire le quotient $X = \frac{k}{D}$ de la susceptibité ordinaire k, rapportée au volume, à la densité du corps. On appelle *susceptibilité moléculaire* d'un corps le produit Xm de X par le poids moléculaire m du corps, et *susceptibilité atomique* d'un corps simple le produit Xa de X par le poids atomique. Or, les susceptibilités moléculaires des différents sels d'un même métal magnétique sont peu différentes les unes des autres, ce qui semble montrer que c'est la susceptibilité atomique du métal qui joue le principal rôle dans le magnétisme moléculaire du sel. Dès lors, sans qu'il soit possible de préciser la valeur de la susceptibilité atomique d'un métal dans ses sels, on peut la considérer comme très voisine des susceptibilités moléculaires de ces sels [1]. En procédant ainsi, on trouve pour les susceptibitités atomiques des métaux de la famille du fer dans leurs sels les valeurs approchées suivantes :

Mn.	Fe.	Co.	Cr.	Ni.
0,0154	0,0150	0,0100	0,0060	0,0044

les valeurs correspondant au fer, au nickel et au cobalt sont, en gros, dans le même rapport que leurs propriétés magnétiques, ce qui conduirait à admettre que, dans des conditions convenables, le manganèse pourrait être plus magnétique que le fer, et le chrome plus que le nickel.

Continuant dans ce sens, on peut chercher parmi les autres métaux ceux dont la susceptibilité magnétique atomique est la plus grande ; c'est seulement dans la série des terres rares qu'on trouve de fortes susceptibilités atomiques ; voici les principales, déduites du magnétisme des sels dissous :

Erbium.....	0,037	Néodyme....	0,0052
Gadolinium .	0,025	Praséodyme.	0,0033
Samarium...	0,012	Cérium	0,0024
Ytterbium ..	0,007		

En raisonnant par analogie, on pourrait donc espérer que, toujours dans des conditions convenables, ces métaux présenteraient des propriétés ferromagnétiques du même ordre que celles du fer ou même supérieures. Les résultats obtenus avec le manganèse sont assez intéressants pour que les chercheurs soient tentés d'essayer d'autres métaux ; ceux qui sont, avec le chrome, les plus indiqués sont malheureusement parmi les plus rares. Si hasardées que soient actuellement ces considérations, elles permettent l'espoir d'obtenir, quelque jour, des alliages plus magnétiques que les carcasses actuelles des dynamos.

CH. MAURAIN,
Professeur à la Faculté des Sciences de Caen.

[1] V. DU BOIS, *Rapport au Congrès de Physique de* 1900, t. II, à qui j'emprunte les renseignements contenus dans ce paragraphe.

DIVERS.

Recherches sur la rigidité diélectrique des gaz aux hautes pressions ; extension de la loi de Paschen, par W. VOEGE (*Elecktrotechnische Zeitschrift*, t. XXXVIII, 6 juin 1907, p. 579). — On sait, depuis longtemps, que la rigidité diélectrique des gaz augmente avec la pression ; mais la loi du phénomène n'a pas encore été établie d'une façon bien précise. L'auteur s'est donc proposé de rechercher la relation existant entre la tension d'une étincelle éclatant dans un gaz comprimé et la pression de ce gaz, exprimée en centimètres de mercure. Ses résultats lui ont, de plus, permis de vérifier que la loi de Paschen, relative aux petites étincelles, était applicable également aux étincelles comprises entre 10^{cm} et 30^{cm}. Cette loi de Paschen s'énonce de la manière suivante : à des produits égaux de la pression p (mesurée en centimètres de Hg) et de la longueur d'étincelle l (mesurée aussi en centimètres) correspond toujours la même tension V. Par exemple, si pour $p = 40^{cm}$ et $l = 0^{cm},5$, ou $pl = 20$, on a trouvé une valeur V de la tension, pour cette même tension mais pour une pression $p_1 = 50^{cm}$, on aura une longueur d'étincelle l_1 donnée par la relation $p_1 l_1 = 20$ ou $l_1 = \frac{20}{50} = 0^{cm},4$. Au point de vue industriel ces recherches ont une réelle importance, parce qu'elles font voir tout le parti qu'on peut tirer des gaz comprimés dans l'emploi des hautes tensions où ils se substitueront avantageusement aux isolants solides et liquides.

Les gaz étudiés sont comprimés dans une bonbonne en verre épais, de $16^{l},5$ de capacité ; deux fils de platine soudés dans les parois servent d'électrodes. On lit les pressions sur un manomètre à mercure. Une bobine réglable fournit les étincelles dont la tension est mesurée par un éclateur à air libre, gradué en kilovolts par l'auteur dans des recherches antérieures. Le réglage est bon quand les étincelles se produisent alternativement dans le récipient et à l'éclateur. Les expériences ont porté sur le gaz carbonique, l'oxygène et l'hydrogène fournis par les tubes du commerce, pour des pressions de 30^{cm} à 160^{cm} et des tensions entre 7000 et 170000 volts.

1. *Loi de la variation de la tension avec la pression.* — Pour les étincelles longues et pour tous les gaz, la



tension croît proportionnellement à la pression. C'est ce que montrent les figures 1, 2, 3 et 4 où sont traduits graphiquement les résultats de l'auteur pour l'air, l'oxygène, l'acide carbonique et l'hydrogène, en portant

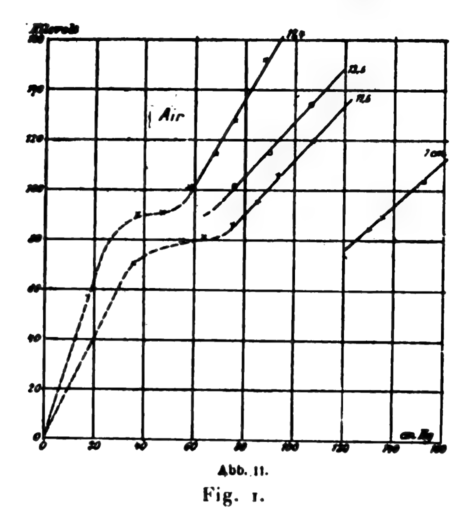


Fig. 1.

en abscisses les pressions exprimées en centimètres de mercure et en ordonnées les tensions en kilovolts : les courbes se réduisent à des lignes droites.

L'air toutefois présente une particularité assez cu-

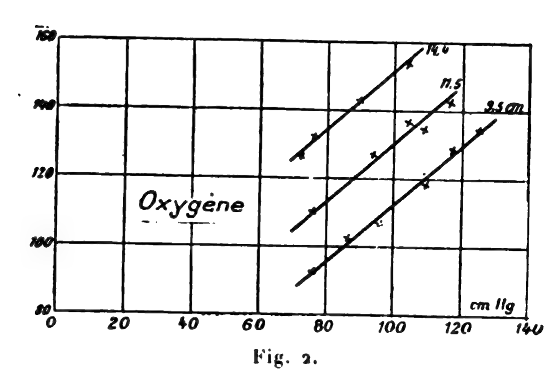


Fig. 2.

rieuse; pour les étincelles de $11^{cm},5$-$13^{cm},5$ et $17^{cm},4$ de longueur, les courbes se composent de deux parties rectilignes réunies par une partie curviligne ou par un genou pour des pressions comprises entre 30^{cm} et 70^{cm} (1).

2. *Vérification de la loi de Paschen.* — Si la loi de Paschen est applicable aux hautes tensions, il faut que les courbes, obtenues en portant en abscisses les produits $p \times l$ et en ordonnées les tensions, se réduisent à des lignes droites. C'est en effet ce que montrent les figures 5, 6 et 7.

Avec ces courbes, on peut maintenant prévoir quelle longueur d'étincelle correspondra à une pression et à une tension données, ou encore déterminer la pression qu'il faudra imposer à un gaz pour qu'il ne laisse sûrement pas passer d'étincelle à une certaine tension. De l'inclinaison de ces droites il résulte encore que la tension croît très vite avec la pression.

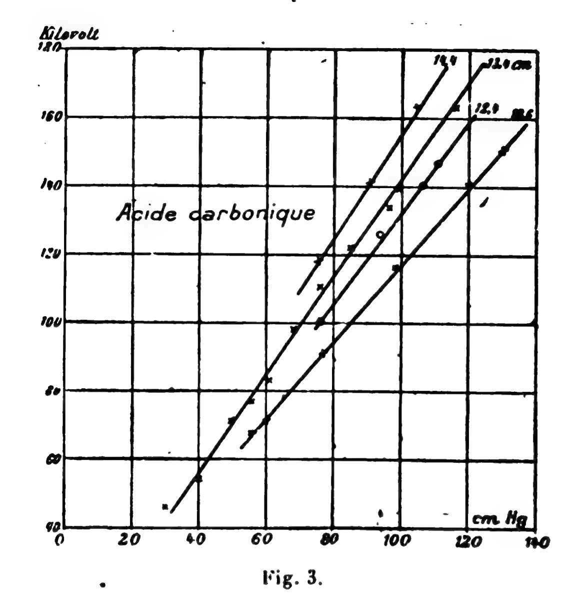


Fig. 3.

Comparons maintenant la rigidité diélectrique de l'air comprimé avec celle d'isolants liquides et solides. Pour faire éclater une étincelle de 4^{cm} de longueur dans le

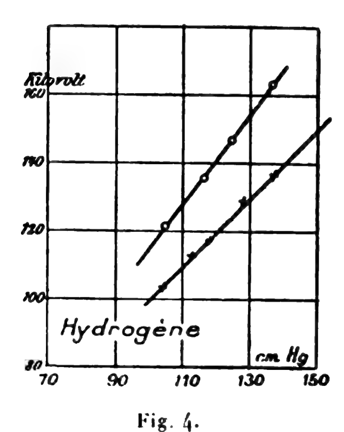


Fig. 4.

pétrole entre pointes, il faut une tension de 130000 volts; la courbe de la figure 7 donne, à cette tension, pour le produit pl le nombre 1300; on a donc $p = \frac{1300}{4} = 325^{cm}$ de Hg ou $4^{atm},3$. Il suffit donc d'une surpression de 3^{atm} pour donner à l'air le même pouvoir isolant qu'au pétrole. D'après Walter, pour percer une plaque d'ébonite de 1^{mm} il faut environ 10000^{volts} efficaces; une plaque de 1^{cm} d'épaisseur exigera donc 100000^{volts} efficaces ou 141000^{volts} au maximum; sur la courbe (*fig.* 7) relative à l'air on trouve, pour 141000^{volts}, $pl = 1400$ et comme

(1) L'auteur avait déjà signalé la même anomalie dans des expériences antérieures sur l'air à la pression atmosphérique. La région critique correspondait à des étincelles de 7^{cm} à 10^{cm}.

$l = 1$, $p = 1400^{cm}$, ce qui correspond à une pression de $18^{atm},5$. Ce résultat concorde assez bien avec ceux de Ryan (¹) qui a montré, en particulier, que l'air comprimé à 20^{atm} avait même rigidité diélectrique que l'ébonite.

On voit sur la figure 7 que les courbes relatives à l'air et à l'acide carbonique se coupent en un point correspondant à 80000^{volts}; or, dans ses expériences sur l'air et l'acide carbonique à la pression ordinaire (¹),

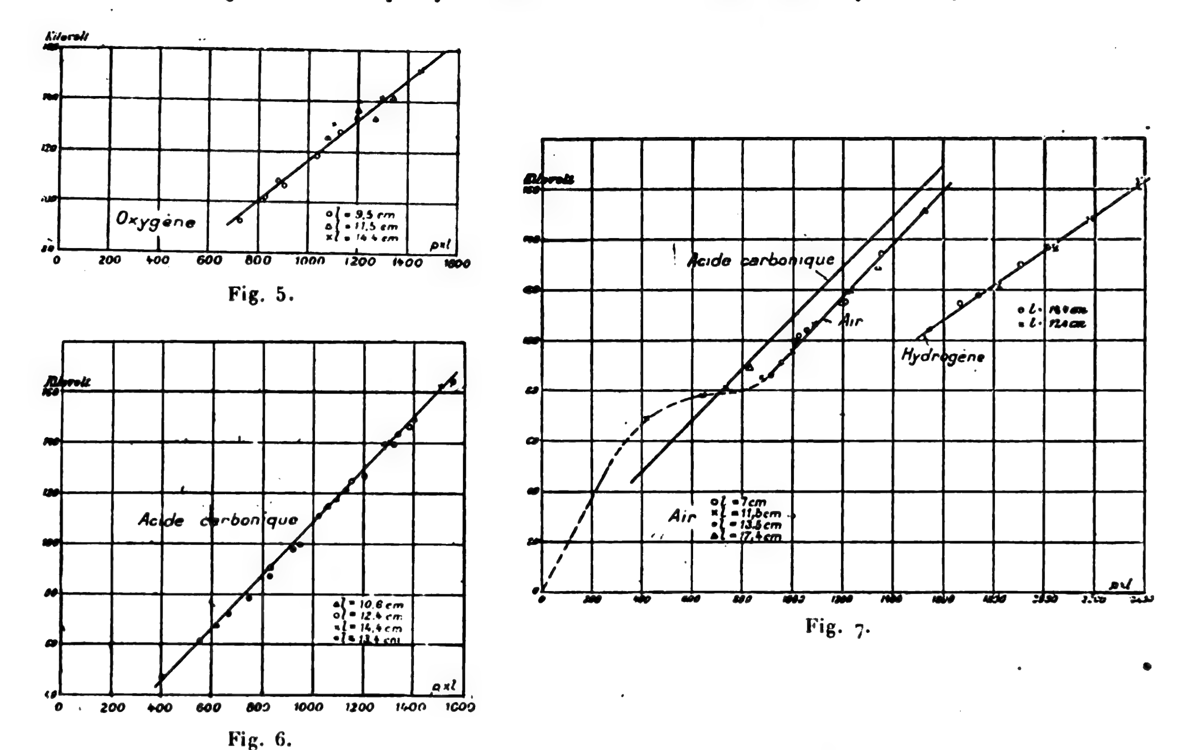


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

l'auteur avait déjà trouvé que leurs courbes se coupaient pour une longueur d'étincelle de $9^{cm},5$; le produit pl est alors $76 \times 9,5 = 743$ et, d'après la figure 7, cette intersection a lieu quand $pl = 740$. L'accord est assurément très satisfaisant pour des expériences réalisées dans des conditions bien différentes (²).

(¹) H. Ryan, *Conductibilité de l'atmosphère aux voltages élevés* (*La Revue électrique*, t. III, 15 février 1905, p. 78).

(²) L'auteur essaye d'expliquer la montée brusque de tension et l'existence d'une zone incertaine, entre 6^{cm} et 10^{cm} d'étincelle dans l'air, par la réaction du pôle négatif sur le pôle positif. Les ions qui s'échappent de la cathode et atteignent l'anode empêchent la formation des étincelles; plus est grande la distance entre pôles, moins est sensible l'influence de cette réaction.

Les gaz comprimés ralentissent aussi la vitesse des ions lancés par la cathode et les empêchent, par conséquent, de parvenir jusqu'à l'anode. La courbe des tensions prend donc la même allure soit qu'on augmente la distance entre pôles, soit qu'on augmente la pression. Le fait que les courbes en V et pl relatives à l'air et à l'acide carbonique se coupent trouve aussi son interprétation dans l'influence des ions négatifs sur l'anode.

En effet, pour l'air, la vitesse des ions négatifs est bien plus grande que pour l'acide carbonique; ces vitesses sont respectivement $V_{air} = 1,80$ et $V_{CO^2} = 0,93$. Tant que l'écartement des pointes sera petit ou la pression faible, les premiers ions iront plus facilement jusqu'à l'anode et empêcheront la production des étincelles. Il faudra donc une tension plus élevée qu'avec l'acide carbonique pour une même longueur d'étincelle; quand on passe aux hautes valeurs de pl, il intervient un nouveau facteur qui est la rigidité diélectrique des gaz; celle-ci est bien plus grande pour l'acide carbonique que pour l'air.

Dans leur partie inférieure les deux courbes se confondent sensiblement parce que dans ces régions les vitesses de leurs ions négatifs sont très voisines; d'après Chattock, on a : $V_{air} = 1,80$ et $V_{CO^2} = 1,85$. B. K.

(¹) *Loc. cit.*

De la variation de la masse des électrons à l'intérieur de l'atome, par H. PELLAT (*Comptes rendus*, t. CXLV, 21 octobre 1907, p. 673-676). — On sait que, suivant les idées modernes sur la constitution de la matière, l'atome est constitué par un corpuscule central possédant une charge positive autour duquel tournent des corpuscules négatifs ou électrons; en d'autres termes, l'atome est un monde en miniature dont le corpuscule positif serait le Soleil et les corpuscules négatifs les planètes. On sait aussi que suivant ces mêmes idées les périodes des radiations, lumineuses ou non, émises par un corps sont précisément les périodes des révolutions des électrons négatifs, de sorte qu'à chaque ligne du spectre d'un corps doit correspondre un électron. Cette dernière hypothèse



conduit d'ailleurs à une explication simple du phénomène de Zeeman, c'est-à-dire du déplacement ou du dédoublement des raies d'émission d'un corps soumis à un champ magnétique et cette explication montre que le déplacement doit dépendre de l'intensité du champ et de la vitesse et de la masse des électrons.

Or l'expérience a montré depuis longtemps que lorsqu'on emploie des spectroscopes à très forte dispersion la plupart des raies spectrales ne sont pas simples : elles sont accompagnées de raies satellites, ou plutôt elles sont entourées par une bande lumineuse présentant des maximums et des minimums. Il faudrait donc admettre un nombre colossal, ou même infini, de corpuscules, pour expliquer cette complexité des raies spectrales.

D'autre part le calcul de la masse des électrons, d'après les mesures expérimentales du phénomène de Zeeman, fournit des valeurs un peu variables pour cette masse. En particulier M. Jean Becquerel, dans des recherches récentes concernant l'effet d'un champ magnétique sur les bandes d'absorption du didyme à basse température, a trouvé pour certaines bandes des déplacements qui correspondraient à une masse des corpuscules jusqu'à six fois plus faible que la masse de ceux-ci dans les rayons cathodiques. Faut-il donc admettre en outre l'existence de corpuscules de natures variées?

Une telle complication répugne à l'esprit. Aussi M. Pellat a-t-il cherché s'il est possible de l'éviter et il a trouvé qu'on peut expliquer les phénomènes précédents, tout en admettant dans l'atome un nombre *restreint* de corpuscules tous *identiques entre eux*, en se fondant sur la nature électromagnétique de la masse de ceux-ci.

En effet, par cela même qu'un corpuscule chargé est en mouvement, il crée autour de lui un champ magnétique qui à son tour réagit sur le corpuscule pour s'opposer à son mouvement. La force qui le fait mouvoir lui communiquera donc une accélération moins grande que celle calculée en divisant cette force par la masse du corpuscule. Evidemment on peut traduire ce résultat en disant que la masse du corpuscule a augmenté; on peut même aller plus loin et dire que le corpuscule n'a pas de masse matérielle véritable et que ce que nous appelons ainsi n'est que la conséquence de la réaction du champ magnétique résultant du mouvement du corpuscule chargé. Mais alors cette masse ne sera plus invariable et dépendra de la valeur du champ magnétique; elle variera donc avec la vitesse du corpuscule puisque la valeur du champ est d'autant plus élevée que cette vitesse est plus grande; elle variera aussi si au champ produit par le mouvement vient s'ajouter un autre champ, par exemple celui produit par le mouvement d'un corpuscule voisin.

On pourrait donc chercher à expliquer les conséquences des mesures faites sur le phénomène de Zeeman en supposant des variations de vitesses. Mais il faudrait, pour que la variation de masse fût sensible, des vitesses plus grandes que celles que possèdent les corpuscules dans les atomes. M. Pellat admet donc que les champs de plusieurs corpuscules peuvent, bien que M. Larmor ait montré que le champ d'un corpuscule reste confiné très près de celui-ci, empiéter les uns sur les autres si ces corpuscules sont très voisins. Il démontre d'ailleurs, par un calcul que nous ne reproduirons pas, que dans le cas de deux corpuscules suivant des trajectoires rectilignes parallèles, la masse totale commence par diminuer puis augmente jusqu'à devenir plus grande que la masse initiale à mesure que les deux trajectoires se rapprochent.

Cette modification de la masse explique d'ailleurs non seulement les résultats des expériences de M. J. Becquerel, mais encore la complexité des raies spectrales. Supposons, en effet, deux corpuscules tournant dans le même sens, suivant des orbites très voisines et des vitesses très peu différentes. Il pourra arriver que, pendant quelques tours, ils soient assez voisins pour que leurs masses se trouvent modifiées, et, par conséquent, leur vitesse de rotation, tandis que, pendant de nombreux tours, ils auront individuellement leur masse normale et leur vitesse de rotation normale. Les bandes à maximums accompagnant les raies principales se trouveraient donc expliquées.

Influence des métaux étrangers sur la thermoélectricité du nickel, par H. PÉCHEUX (*Comptes rendus*, t. CXLV, 7 octobre 1907, p. 591). — L'auteur a construit et étudié trois couples cuivre-nickel en prenant, d'une part, un fil de cuivre pur et, d'autre part, des fils de nickel du commerce : l'un des échantillons de nickel renfermait 1 pour 100 d'impuretés dont 0,8 pour 100 de cuivre; le second 0,3 pour 100 dont 0,2 de cuivre; le troisième, beaucoup plus impur, 2,10 pour 100 d'impuretés formées de 1,5 pour 100 de fer, 0,5 pour 100 de cobalt, un peu de charbon et de silicium et des traces de cuivre; les forces électromotrices étaient mesurées au moyen d'un galvanomètre type Deprez-d'Arsonval et les températures de la soudure chaude étaient relevées à l'aide d'un thermomètre étalon à mercure (jusqu'à 300°) et d'un pyromètre platine/platine iridié.

Les couples étant ainsi gradués, deux couples furent comparés entre eux en disposant leurs deux soudures chaudes, séparées seulement par une feuille d'amiante, dans une même région d'un tube en porcelaine chauffé dans un four à gaz. L'auteur a constaté que les températures indiquées par les trois couples au nickel sont comparables et ne diffèrent des températures relevées directement que de 0,25 pour 100 en moyenne, et cela quelle que soit la vitesse de chauffe des soudures. La comparaison d'un couple Ni/Cu avec le pyromètre Pt/Pt-Ir est beaucoup moins certaine : il faut chauffer lentement.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Les turbines à vapeur et à gaz, par GIUSEPPE BELLUZZO, traduit sur l'édition italienne par G. CIVALLERI. Un vol. format 25cm × 16cm, 420 p., 317 fig., 23 pl. H. Desforges, éditeur, 39, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 20fr; relié demi-chagrin, 22fr,50.

Le cadre de de cet Ouvrage comprend quatre Parties et trente Chapitres.

La première Partie traite de la *Théorie graphique des fluides élastiques et de leurs mouvements*. Après quelques considérations générales sur les cycles, l'auteur y examine successivement les propriétés thermodynamiques de la vapeur d'eau saturée, de la vapeur d'eau surchauffée et des gaz; puis il étudie leur écoulement dans les canaux.

Les *Méthodes graphiques appliquées au calcul des turbines à vapeur et à gaz* forment l'objet de la seconde Partie, dans laquelle un Chapitre est consacré à la comparaison des turbines et des machines à piston à vapeur.

La troisième Partie donne une *Étude critique des différents types actuels de turbines à vapeur*. On y trouve les descriptions des turbines déjà connues de nos lecteurs; les 23 planches hors texte sont des vues photographiques de ces turbines.

Dans la quatrième Partie, l'auteur s'occupe spécialement des *Applications des turbines à vapeur dans la marine*. Cette Partie ne comprend d'ailleurs que deux courts Chapitres.

L'ensemble de l'Ouvrage est relativement élémentaire; on y trouve néanmoins beaucoup d'idées générales sur la thermodynamique des turbines. Ce n'est pas un Traité de construction des turbines, c'est une étude physique et technique de ces machines. Il rendra donc d'utiles services à toute une classe d'ingénieurs, la plus nombreuse : ceux qui utilisent les turbines et veulent se rendre compte d'une manière complète de leur fonctionnement.

La turbine à gaz, qui n'a pas encore reçu d'application, n'est étudiée que dans ses grandes lignes. Voici ce qu'en dit l'auteur dans son Introduction :

« Quant aux turbines à gaz, elles sont encore en gestation; il existe de nombreux brevets de peu de valeur, mais on n'a pas encore de turbines à gaz (dans le sens le plus large du mot) qui puissent être utilisées dans la pratique. De même nous n'avons pas de turbines que nous appelons à explosion, c'est-à-dire qui utilisent l'expansion d'un mélange explosif. Celles-ci exigent des études et des expériences certainement supérieures à celles de la turbine à vapeur; mais nous croyons que ce n'est qu'une question de temps. Si les turbines à vapeur d'un côté et les moteurs à gaz de l'autre ont détrôné la machine à piston, les turbines à gaz réconcilieront dans le musée industriel et dans un avenir prochain les puissants ennemis d'aujourd'hui. »

Barrages en maçonnerie et Murs de réservoirs, par HENRI BELLET, ingénieur civil. Un vol. format 25cm × 16cm, 336 p., 109 fig. A. Gratier et J. Rey, éditeurs, à Grenoble; Dépôt à Paris chez H. Desforges, 39, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 8fr (franco, 8fr,75).

L'étude des barrages, ainsi que celle de la meilleure forme à donner à ces Ouvrages pour leur faire réaliser le maximum de stabilité avec le minimum de dépenses, prend de jour en jour plus d'importance. Cette question intéresse non seulement les hygiénistes pour l'alimentation des villes, mais encore les distributeurs d'énergie et les industriels qui utilisent la houille blanche pour l'importante question de la régularisation du régime des cours d'eau.

L'Ouvrage est divisé en quatre Parties. La première comprend des généralités telles que la loi dite *du trapèze*, le calcul de la poussée, ainsi que celui des pressions normales développées dans les barrages de profil simple. On y trouvera aussi un exposé sommaire des principaux modes de construction des barrages : digues en terre, barrages mixtes en ciment armé et en maçonnerie.

La deuxième Partie comprend l'historique de l'étude des barrages. L'auteur montre les phases successives par lesquelles a passé cette étude des barrages, depuis la méthode encore incertaine de M. de Sazilly, jusqu'à celle rigoureuse de M. Maurice Levy.

La troisième Partie est consacrée à la théorie mathématique du barrage, tant rectiligne que courbe. On y trouvera le calcul des pressions normales, ainsi que celui du glissement sur des sections de direction quelconque. L'auteur montre qu'il peut, dans certains cas, se produire des efforts de traction à l'aval en charge, et il indique le moyen de les éviter.

La quatrième Partie est surtout pratique. On y trouvera d'abord la description d'un grand nombre de barrages de grande hauteur, tant en France qu'à l'étranger. L'auteur donne ensuite des méthodes permettant de simplifier beaucoup les calculs d'un avant-projet de barrage, puis il donne quelques conseils sur la construction de ces ouvrages.

L'Ouvrage se termine par quelques Notes annexes où l'on trouvera notamment le texte de la circulaire du 15 juin 1897, qui régit les conditions auxquelles doivent satisfaire les barrages à construire sur les cours d'eau non navigables ni flottables dépendant du Ministère de l'Agriculture. On y trouvera aussi un extrait de la circulaire du 2 juin 1902, qui régit les conditions de réception des matériaux hydrauliques à fournir à l'Administration des Travaux publics.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CONSTRUCTION ÉLECTROTECHNIQUE.

Les salaires à primes, par Paul LECLER (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1907, p. 141 à 192). — Dans ce long, mais fort intéressant Mémoire, l'auteur examine successivement les points suivants : 1° Comparaison entre les salaires à primes et les autres modes de rémunération du travail; 2° les différents systèmes de salaires à primes; 3° les formules générales de salaires; 4° les graphiques de salaires; 5° les résultats des salaires à primes; 6° l'application des systèmes à primes.

I. Comparaison entre les salaires a primes et les autres modes de rémunération du travail. — **1.** L'idée fondamentale des systèmes de salaires à primes est de faire participer l'ouvrier aux économies de prix de revient, c'est-à-dire aux bénéfices qu'il contribue à produire. Ces économies sont de deux sortes : celles qui portent sur le temps et celles réalisées sur les matières employées. Ces dernières dépendent peu de l'ouvrier dans la plupart des fabrications mécaniques; en outre, le décompte de l'économie de matière est souvent difficile ; aussi les primes ne sont-elles généralement accordées que pour les économies réalisées sur le temps. Malgré cette limitation à l'un des deux éléments des économies réalisables, les systèmes à primes appliqués ou proposés sont en nombres considérables.

2. C'est que, en effet, les systèmes à primes sont plus facilement applicables que les systèmes de participations aux bénéfices. Tout d'abord, ces derniers supposent qu'il y ait bénéfice; or, le bénéfice n'est pas la loi générale de l'industrie : certaines entreprises, après des périodes de prospérité, restent parfois 10 ans sans donner de dividendes. D'autre part, le bénéfice ne dépend pas seulement du fait des ouvriers. Quand il y a des bénéfices, les ouvriers trouvent la répartition toute naturelle; quand il n'y en a pas, ils se laissent aller à supposer qu'ils sont frustrés et la question des comptes se trouve ainsi soulevée. Si, pour éviter cet inconvénient, la direction de l'entreprise s'arrange pour distribuer, en tout cas, une certaine somme en fin d'exercice aux ouvriers, la participation prend le caractère de gratification et perd son pouvoir stimulant.

De plus, la participation est collective. L'ouvrier peu travailleur compte sur ses voisins pour réaliser des bénéfices; ceux-ci, de leur côté, n'éprouvent qu'un médiocre enthousiasme à se dire que leur effort personnel, étant noyé dans l'ensemble, n'a qu'une faible importance dans le résultat général.

Enfin, la répartition des bénéfices ne peut être que différée. Or, assez souvent, les ouvriers ne sont pas doués d'une grande patience; ils donnent bien un coup de collier, mais à condition d'en tirer un avantage palpable, qu'ils puissent évaluer de suite.

3. Le salaire au temps ne donne aucun stimulant à l'ouvrier : malheureusement il est, dans un très grand nombre de cas, le seul applicable.

Quant au salaire à la tâche, à côté d'avantages marqués qui l'ont fait appliquer sur une assez grande échelle, il présente quelques inconvénients graves. D'abord, s'il y a erreur dans la détermination du prix de façon, l'ouvrier est seul à en profiter ou à en souffrir. Si le prix prévu est trop fort, il ne réclamera pas; il n'en sera pas de même s'il est trop faible. Si l'ouvrier arrive à se faire un salaire de beaucoup supérieur à la moyenne, son patron, parfois malgré lui, sous la pression de la concurrence, sera tenté de réduire le prix alloué pour le travail. Le résultat final de cette manière de faire est absolument opposé à celui cherché; l'ouvrier voyant que ses efforts finissent par se retourner contre lui (sans compter les reproches qu'il peut recevoir de ses camarades), en vient à limiter sa production de manière que son salaire n'atteigne pas la limite au-dessus de laquelle il craindrait qu'on ne le réduise.

4. Ce sont ces considérations qui ont conduit aux salaires à primes. Ces salaires sont caractérisés par deux éléments essentiels : *a*. Dans tous les cas, l'ouvrier est assuré de toucher, pour tout le temps passé, un salaire horaire minimum (ce qui n'est pas le cas, en général, du travail à la tâche); *b*. On prévoit pour l'exécution de tout travail un certain temps (ou un certain prix de main-d'œuvre); si le temps employé est moindre (ou si le prix de la main-d'œuvre calculé d'après le salaire horaire minimum est plus élevé), on alloue à l'ouvrier, à titre de prime, une certaine part de l'économie réalisée.

Ainsi donc pour l'ouvrier aucun risque de perte; seulement risque de ne pas gagner la prime. D'autre part, pour le patron, avantage de participer aux économies de temps réalisées par l'ouvrier, tandis qu'avec le salaire à la tâche il n'en reçoit aucune part; par conséquent, pour lui, tentation et nécessité bien moindres qu'avec le salaire à la tâche de réduire les temps alloués, et même possibilité de les laisser fixes (ou de ne les changer que si les modes de fabrication changent). Or, cette question de la fixité des temps de base est capitale, et c'est à elle, sans aucun doute, qu'il faut attribuer pour une grande part les succès des salaires à primes.

Comme on le voit, le salaire à primes constitue une participation limitée aux bénéfices; il présente sur la participation ordinaire les avantages suivants : la prime gagnée par l'ouvrier est facilement calculable par lui; elle lui est acquise immédiatement après la fin du travail et peut lui être payée à bref délai.

Mais, d'un autre côté, le salaire à primes se rapproche du salaire à la tâche par ce fait qu'il comporte une détermination préalable de la durée du travail. Pour cette



raison, son emploi est limité; toutefois, comme l'influence d'une erreur dans cette détermination est moindre qu'avec le salaire à la tâche, puisque le patron participe dans les économies réalisées, son champ d'action est plus étendu (1).

II. Les différents systèmes de salaires a primes. — 1. Nous avons dit que la prime peut porter sur l'économie de temps ou sur l'économie de matière ; de là une division naturelle des systèmes en deux groupes. D'autre part, la prime peut s'appliquer au travail individuel de chaque ouvrier ou au travail collectif d'une équipe ou d'un atelier; d'où deux sous-divisions dans chaque groupe.

Les systèmes à primes ayant reçu le plus grand nombre d'applications sont ceux où la prime porte seulement sur l'économie de temps et est attribuée à des ouvriers travaillant isolément. C'est à eux, d'ailleurs, qu'on applique plus spécialement le nom de *systèmes à primes* (premium systems) ou encore de *systèmes à boni* (bonus systems). On a aussi proposé le nom de *système de participation au gain* (gain sharing) pour désigner tout système qui constitue une sorte de participation limitée, par opposition à la désignation de *système de participation aux bénéfices* (profit sharing).

2. Dans les systèmes individuels où la prime est basée sur l'économie de temps, le salaire horaire minimum ou *salaire horaire de base* est toujours garanti et l'on prévoit, pour l'exécution du travail, un certain *temps de base;* si le temps effectivement employé est moindre, on alloue à l'ouvrier, à titre de prime, une partie du salaire correspondant au temps économisé.

Les divers systèmes ne diffèrent entre eux que par le mode de détermination de la prime. Elle pourra, et c'est le cas le plus simple, être une fraction fixe du temps économisé; on a alors un système à *taux fixe*. Elle pourra varier d'une manière plus complexe, bien que sa variation reste encore continue; on a un système à *taux variable*. Si elle varie brusquement quand les temps employés passent par certaines valeurs, c'est un *système à primes discontinues* ou *système différentiel*.

Il est encore des systèmes où la prime est basée sur le prix payé pour la main-d'œuvre (et non plus sur le temps), qui rentrent d'ailleurs dans les précédents quand ils sont appliqués à des ouvriers recevant tous le même salaire horaire de base (1).

3. Parmi les *systèmes à taux fixe* ayant reçu des applications, l'auteur en décrit deux :

a. Système Halsey. — Ce système, qui paraît avoir été le premier appliqué, a été employé dès 1890, sur une échelle relativement faible, dans les ateliers de la Canadian Rand Drill C°, à Sherbrooke, Canada, dont M. F.-A. Halsey était alors directeur et où l'on fabrique principalement des pièces à répétition (2).

Dans ce système, l'ouvrier reçoit une prime égale au tiers de la valeur du temps économisé ; le taux de la prime est donc de $\frac{1}{3}$. Si, par exemple, la durée d'un travail prévu est de 10 heures et s'il est exécuté en 6, l'économie est de 4 heures, et la prime représente un supplément de salaire correspondant à $\frac{4}{3}$ ou 1,33 fois le salaire horaire, qui est ainsi majoré, pour le temps passé, de $\frac{1,33}{6}$ ou 22,22 pour 100.

Ce système, très simple, donnant lieu à un calcul à la portée de l'ouvrier, a pris une assez grande extension, particulièrement aux États-Unis. On peut, toutefois, trouver que la part attribuée à l'ouvrier est faible (3), bien que M. Halsey ait obtenu de bons résultats avec des primes encore plus faibles que celle du tiers.

b. Système Weir. — Dans ce système le taux de la prime est de $\frac{1}{2}$. Ce taux paraît avoir été appliqué pour la première fois aux ateliers G. and J. Weir Ltd, de Glasgow, qui construisent des machines marines auxiliaires, telles que pompes, et semble être maintenant le plus généralement adopté.

4. L'inconvénient des systèmes à prime à taux fixe est le même que celui du salaire à la tâche, quoique à un degré moindre. Si l'économie de temps est considérable, le salaire horaire devient très élevé : ainsi avec

(1) Les objections qu'on peut faire sont, quoique à un moindre degré peut-être, celles déjà formulées à maintes reprises contre le salaire à la tâche, et se ramènent aux suivantes :

1° Les ouvriers travaillant aux pièces dégraderaient l'outillage en cherchant à en obtenir le maximum de rendement;

2° Les malfaçons seraient augmentées;

3° Par suite du surmenage auquel ils se laisseraient entraîner, les ouvriers se fatigueraient vite et perdraient leurs aptitudes professionnelles;

4° Le travail à la tâche entraînerait un avilissement des salaires et, de plus, leur inégalité, certains travaux étant plus avantageux que d'autres;

5° L'augmentation de production qui résulte du travail à la tâche conduirait à des chômages.

Toutes ces objections ont été discutées à maintes reprises, en particulier à un point de vue pratique, dans un Rapport de la Commission d'enquête sur les revendications du personnel civil des établissements militaires, traitant uniquement de cette question (*Journal officiel*, 5 avril 1903, p. 2189 à 2195) du travail à la tâche (au devis) et de son remplacement, demandé par les ouvriers, par le travail au temps. L'auteur a indiqué ailleurs (*Portefeuille économique des Machines*, novembre 1903) que la solution de cette difficulté paraissait consister dans les systèmes à primes.

(1) Remarquons que tous les systèmes à prime sont compris entre deux extrêmes: le salaire au temps (à prime nulle) et le salaire à la tâche, où toute l'économie est pour l'ouvrier, et qu'on pourrait, par conséquent, appeler *système à prime totale*, par opposition aux systèmes à prime proprement dits qui pourraient alors être dits à *prime partielle*.

(2) Ce système a été décrit pour la première fois par M. Halsey, dans une communication faite en 1891 à l'*American Society of Mechanical Engineers* (*Transactions*, vol. XII, 1891, p. 755), et depuis dans nombre de publications. M. Halsey est peut-être celui qui a le plus fait pour faire connaître les salaires à primes, qu'il a été, croyons-nous, le premier à désigner sous le nom de *premium systems*.

(3) M. Halsey estime qu'il est bon de calculer très largement le temps de base, de lui donner même une valeur supérieure à celle que l'on obtient avec le salaire au temps ordinaire, afin que l'ouvrier ait la presque certitude de toujours gagner une prime. Ceci explique pourquoi il choisit un faible taux de prime afin d'éviter de payer des salaires totaux trop élevés.

un taux de prime de moitié, si l'ouvrier économise 6 heures sur 10, il recevra, en admettant un salaire horaire de base de 1^{fr}, une somme de 4^{fr} pour ses 4 heures, plus une somme de 3^{fr} pour les 6 heures économisées; son salaire horaire se trouvera donc être de 7 : 4 ou 1^{fr},75 par heure; s'il économisait 8 heures, son salaire horaire ressortirait à 3^{fr}. Bien que pareils cas soient rares, on a imaginé des systèmes limitant le salaire horaire à un maximum impossible à dépasser. C'est de cette conception que sont sortis les systèmes à taux variable dont le plus employé, peut-être même le seul, est le suivant.

Système J. Rowan (1). — Dans les cas d'économie sur le temps de base prévu, le salaire horaire de base est majoré, pour le temps passé, d'un pourcentage égal au pourcentage que représente le temps économisé par rapport au temps prévu. Si, par exemple, l'ouvrier économise la moitié ou 50 pour 100 du temps de base, son salaire horaire, pour le temps employé, est majoré de 50 pour 100, soit 0^{fr},50 si le salaire horaire de base est 1^{fr}, et il reçoit ainsi par heure 1^{fr},50 au lieu de 1^{fr}. On voit donc que même à la limite, c'est-à-dire si l'ouvrier effectuait instantanément son travail, le salaire horaire est inférieur au double du salaire de base.

Il a été appliqué non seulement dans les ateliers David, Rowan and Co, de Glasgow (machines et chaudières marines), mais encore par divers industriels et par certains ateliers de l'Amirauté anglaise (2).

5. Dans les systèmes précédents la prime est faible si le temps employé n'est que peu inférieur au temps de base. On a jugé que le stimulant est alors insuffisant. Comme on l'a vu, M. Halsey remédie à cet inconvénient en majorant le *temps de base moyen normal* de manière à en faire ce qu'on peut appeler un *temps de base moyen allongé*. On peut encore y remédier en adoptant le temps de base moyen normal et accordant une prime fixe si ce temps n'est pas dépassé. En somme c'est le cas du système Halsey avec cette différence qu'au lieu de toucher une petite prime variant graduellement de zéro à une certaine valeur (qui peut être celle de la prime massive) quand le temps employé est compris entre le temps de base allongé et le temps de base normal, l'ouvrier ne touche rien dans cet intervalle.

Ce système, que l'auteur appelle *système différentiel simple*, a d'ailleurs l'inconvénient de ne pas inciter l'ouvrier à diminuer le temps employé au-dessous du temps de base moyen. On peut le corriger en ajoutant à la prime fixe une autre prime proportionnelle à l'économie de temps (3); on aura un *système différentiel mixte*.

Au lieu de prendre pour temps de base le temps employé par un ouvrier moyen, on peut prendre le temps minimum que peut employer un excellent ouvrier. Dans ce cas les très bons ouvriers peuvent seuls espérer avoir une prime, et il faut dès lors que celle-ci soit forte. Ce *système différentiel à temps de base minimum* a été appliqué pour la première fois par M. H.-L. Gantt à South Bethleem (Pa.).

6. Avec les systèmes qui précèdent on suppose implicitement que tous les ouvriers susceptibles d'exécuter un même travail reçoivent le même salaire horaire de base. Si ces salaires horaires de base sont différents, pour un même travail accompli dans le même temps, le salaire total sera aussi différent. Pour éviter cet inconvénient, il suffit de fixer non plus des *temps de base* mais des *prix de base* et de partager d'une manière quelconque les économies réalisées.

Le plus simple est de partager ces économies par moitié : c'est ce que font depuis 1891 MM. Willans et Robinson, constructeurs de machines à vapeur à Rugby, en Angleterre. Un prix de base, appelé *reference rate*, est fixé pour chaque opération ou série d'opérations; le salaire payé à l'ouvrier d'après le temps passé est comparé à ce prix de référence, et la moitié de la différence est ajoutée à ce salaire. De cette manière, l'ouvrier dont le salaire horaire est le plus élevé, qu'on suppose donc le plus capable, dispose, pour gagner une prime, d'un temps moindre que celui dont le salaire horaire plus faible fait présumer qu'il est moins habile.

D'autres systèmes peuvent être imaginés. Ainsi la Snow Steam Pump Works de Buffalo (N.-Y.) (1) emploie ce qu'on pourrait appeler : *le système à primes échelonnées*. Ici, pour chaque heure économisée sur le temps de base, la prime représente approximativement un certain pourcentage du salaire horaire de l'ouvrier et décroît à mesure que celui-ci augmente (par exemple d'environ 50 pour 100 pour un salaire horaire donné, à 35 pour 100 pour un salaire double). En pratique, avec ce système (qui est d'ailleurs celui employé primitivement par M. Halsey (2), les ouvriers sont répartis en catégories suivant le salaire *horaire de base*, et à chaque catégorie est attribuée une prime différente pour toute heure économisée.

Toujours pour obtenir des salaires totaux à peu près semblables avec des salaires horaires différents, on pourrait imaginer diverses combinaisons, employer des *systèmes à taux de prime variables suivant le salaire horaire, le salaire total de base restant le même*, en appliquant le système Halsey, par exemple, avec des taux de prime différents suivant les salaires horaires, le taux le plus élevé correspondant au salaire horaire le plus bas, etc. (3).

Ces dispositifs seraient généralement trop compliqués,

(1) *International Engineering Congress*, sept. 1901, Glasgow. *Proc. of. Inst. of. Mech. Eng.*, 1901, p. 865 et mars 1903, p. 203 à 261. (Ces deux communications ont donné lieu à des discussions importantes.)

(2) *Engineering*, 4 mars 1904.

(3) Par exemple, suivant Hugo DIEMMER (*Engineering Magazine*, août 1905, p. 719), on donnera une prime fixe de 20 pour 100 du salaire horaire, plus une prime de 50 pour 100 sur toute économie de temps supplémentaire.

(1) Paul MOLLER, *Eine Studienreise in den Vereinigten Staaten von Amerika* (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingénieure*, 8 août 1903, p. 1133).

(2) D.-F. SCHLOSS, *Report on Gain Sharing*, 1895, p. 35.

(3) Voir également à ce sujet une étude plutôt théorique de M. Bernh. SCHILLER, de Vienne, *Das Prämiensystem der Lohnberechnung* (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 22 août 1903, p. 1207 à 1215), portant principalement sur les cas où les salaires horaires de base sont différents.

et, de plus, sans grand intérêt pratique. En effet, quel que soit le système, c'est le plus souvent avec le salaire horaire le plus élevé que le salaire total est le plus haut. Donc, si un travail peut être exécuté par un ouvrier recevant un certain salaire horaire, le patron aura tout intérêt à ne le donner à un ouvrier dont le salaire horaire est beaucoup plus élevé que s'il lui est impossible de faire autrement. Ce cas sera donc exceptionnel.

7. Les systèmes qui précèdent sont applicables au travail collectif avec, au besoin, quelques modifications facilement imaginables, et qu'il serait superflu de détailler ici. Mais ces systèmes collectifs n'ont reçu jusqu'ici que très peu d'applications; nous n'y insisterons pas.

Nous ferons de même pour les systèmes basés à la fois sur l'économie de temps et l'économie de matières, que l'auteur ne fait guère que signaler.

III. Formules générales de salaires. — Connaissant le salaire horaire de base h, le temps de base t, le temps T réellement employé, le taux de la prime c, il est facile d'établir des formules donnant le salaire total S pour le travail considéré et le salaire horaire H correspondant.

Ainsi pour le *salaire au temps*, on a évidemment

$$S = Th, \qquad H = h;$$

et pour le *salaire à la tâche*,

$$S = \text{const.} \qquad H = \frac{S}{T}.$$

Pour le *système Halsey*, on trouve

$$S = \frac{h}{3}(t + 2T), \qquad H = \frac{h}{3}\left(2 + \frac{t}{T}\right);$$

pour le *système Weir*,

$$S = \frac{h}{2}(t + T), \qquad H = \frac{h}{2}\left(1 + \frac{t}{T}\right);$$

pour le *système Rowan*,

$$S = hT\left(2 - \frac{T}{t}\right), \qquad H = h\left(2 - \frac{T}{t}\right);$$

pour le *système différentiel Gantt*,

$$S = h(T + ct), \qquad H = h + ch\frac{t}{T}.$$

Si par ces formules on fait le calcul de S et de H pour diverses valeurs du temps passé exprimées en centièmes du temps de base, on trouve les résultats indiqués dans le Tableau suivant, Tableau qui renferme

RÉSULTATS DES DIVERS SYSTÈMES A PRIMES POUR DES ÉCONOMIES DE TEMPS VARIANT DE 0 À 100 POUR 100 DU TEMPS DE BASE.

(Les primes et les salaires sont indiqués en pour 100 du salaire horaire de base; les salaires horaires h et le temps de base t, ainsi que le salaire total de base S sont les mêmes pour tous les systèmes. Le temps de base est pris égal à 10 heures.)

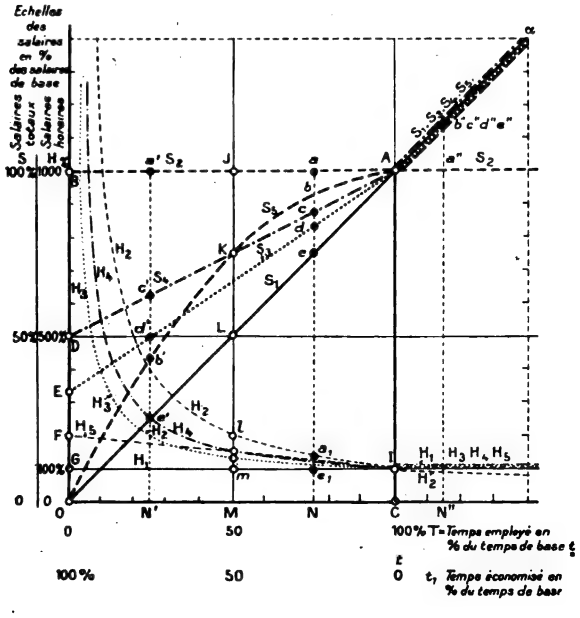
Temps passé T en pour 100 du temps de base t.	Temps économisé $t_1 = T - t$ en pour 100 du temps de base t.	PRIME TOTALE P. Système de salaire.					PRIME HORAIRE p. Système de salaire.					SALAIRE TOTAL $S = Th + P$. Système de salaire.					SALAIRE HORAIRE RESULTANT $H = h + p$. Système de salaire.				
		Temps 1	Tâche 2	Halsey 3	Weir 4	Rowan 5	Temps 1	Tâche 2	Halsey 3	Weir 4	Rowan 5	Temps 1	Tâche 2	Halsey 3	Weir 4	Rowan 5	Temps 1	Tâche 2	Halsey 3	Weir 4	Rowan 5
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1000	1000	100	100	100	100	100
90	10	0	100	33	50	90	0	11	3,6	5,5	10	900	1000	933	950	990	100	111	103,6	105,5	110
80	20	0	200	67	100	160	0	25	8,4	12,5	20	800	1000	867	900	060	100	125	108,4	112,5	120
70	30	0	300	100	150	210	0	43	14	21	30	700	1000	800	850	910	100	143	114	121	130
60	40	0	400	133	200	240	0	67	22	33	40	600	1000	733	800	840	100	167	122	133	140
50	50	0	500	167	250	250	0	100	33	50	50	500	1000	667	750	750	100	200	133	150	150
40	60	0	600	200	300	240	0	150	50	75	60	400	1000	600	700	640	100	250	150	175	160
30	70	0	700	233	350	210	0	233	78	117	70	300	1000	533	650	510	100	333	178	217	170
20	80	0	800	267	400	160	0	400	133	200	80	200	1000	467	600	360	100	500	233	300	180
10	90	0	900	300	450	90	0	900	300	450	90	100	1000	400	550	190	100	1000	400	550	190
5	95	0	950	317	475	47,5	0	1900	634	950	95	50	1000	367	525	100	100	2000	734	1050	195
0	100	0	1000	333	500	0	0	∞	∞	∞	100	0	1000	333	500	0	100	∞	∞	∞	200

Les chiffres 1, 2, 3, 4, 5 en haut des colonnes correspondent aux numéros des graphiques de la figure 1.

également la prime totale P et la prime horaire p calculées par des formules analogues faciles à établir. Pour ces calculs on a pris arbitrairement 10 heures pour le temps de base t et 100 pour le salaire horaire de base h.

IV. Graphiques de salaires. — Au lieu de dresser un Tableau, on peut établir des graphiques. L'auteur en établit sept; nous nous bornons à reproduire celui qui donne la comparaison des salaires totaux et horaires

donnés par cinq des systèmes et nous renvoyons au Mémoire original (p. 167 à 176) le lecteur désireux de plus de renseignements.



		Salaires totaux S.	Salaires horaires H.
1	Paiement au temps..	S_1 ———	H_1 ———
2	» à la tâche.	S_2 - - - -	H_2 - - - -
3	Système Halsey.....	S_3 • • • • •	H_3 ....
4	» Weir......	S_4 –•–•–	H_4 -·-·-·-
5	» Rowan....	S_5 –––––	H_5 - - - - -

Comparaison des salaires totaux et horaires donnés par les divers systèmes à primes, le système au temps et le système à la tâche.

V. Résultats des salaires a primes. — **1.** Il est assez difficile de chiffrer ces résultats, car outre l'économie réalisée dans la main-d'œuvre, il y aurait lieu de tenir compte de la réduction des frais généraux afférant à l'unité de production par suite d'une utilisation plus intensive des ateliers et des perfectionnements apportés aux ateliers de fabrication par suite de la connaissance plus complète des opérations effectuées que nécessite la détermination des temps de base. Tout ce qu'on peut faire, c'est comparer les temps passés et les salaires obtenus avant et après l'introduction des systèmes à primes dans un même atelier.

En 1899, M. Halsey indiquait [1] des économies de temps de 43 et 23 pour 100, des économies de salaires totaux de 25 et 12 pour 100 et des majorations de salaires journaliers de 29 et 18 pour 100. MM. Weir [2] ont obtenu des résultats analogues.

Avec son système M. Rowan [3] a constaté, pendant 4 années consécutives (1898-1902), des économies de temps de 20, 23, 31 et 37 pour 100. Chez MM. Barr et Stroude, où ce système est appliqué, la moyenne des primes payées de 1902 à 1905 a été de 9,5, 14, 21 et 19 pour 100 du salaire horaire de base [1]. Dans les ateliers mécaniques de constructions navales de Scott, ce système aurait produit, depuis 1902, une économie de temps et par suite une majoration de salaire variant de 20 à 30 pour 100, atteignant parfois jusqu'à 60 pour 100 [2]. Dans les ateliers de la Société Westinghouse, à Pittsburg, le salaire à primes a conduit à une économie de production atteignant de 50 à 150 pour 100 [3].

Avec le système différentiel à temps de base minimum de M. Gantt les résultats seraient encore meilleurs : dans certains cas le temps employé aurait décru dans le rapport de 70 à 28,75 [4].

Les divers systèmes à prime collective n'ont donné au contraire que des résultats si insignifiants qu'on finissait souvent par les abandonner. Toutefois, à l'usine à gaz de Moscou, une prime collective a entraîné une augmentation de production de plus de 20 pour 100 et a abaissé le prix moyen de réparation de chaque compteur de 1,63 à 0,76 [5]; mais ce résultat satisfaisant est-il peut-être dû seulement à ce que l'ouvrier russe est plus habitué à travailler et à vivre en collectivité, tandis que l'ouvrier anglo-saxon est plus individualiste.

2. Un autre point de vue à considérer est l'attitude des ouvriers et des unions ou syndicats à l'égard des systèmes à primes. Jusqu'à ces derniers temps l'opposition était modérée et plutôt de principe; par une convention faite en 1902, les ouvriers anglais consentaient même à l'extension de l'application de ces systèmes, moyennant certaines garanties, dont celle du salaire minimum [6]; il en fut de même à Pittsburg [7].

Mais en juin dernier, une grève très violente, intéressant 2000 ouvriers, éclatait dans les ateliers de MM. Vickers et Maxim, à Erith, à cause du remplacement du paiement au temps par un système à prime, et ne fut terminée, après une durée d'un mois, que sur la promesse de l'abandon du système à prime [8].

(1) *American Machinist*, 1899.

(2) *Internat. Engineering Congress*, Glascow, 1901, section III.

(3) *Proceedings of Inst. of Mechanical Engineers*, 1901, p. 865.

(1) *Proc. of Inst. of Mech. Eng.*, 1903, A, p. 218.

(2) *Engineering*, 28 mai 1906, p. 678.

(3) *Engineering*, 9 février 1906, p. 171.

(4) *Proc. of American Soc. of Mechan. Engin.*, New-York, 1902, et *Engineering*, 14 février 1902, p. 208.

(5) *Compte rendu du 32e Congrès de la Société technique de l'Industrie du Gaz*, Le Havre, 1905, séance du 23 juin, p. 410.

(6) *The Engineer*, 19 septembre 1902.

(7) *Zeitsch. d. Ver. deutsch. Ingen.*, 1903, p. 1135.

(8) A l'heure actuelle, fait remarquer M. Lecler, la situation semble assez indécise, en Angleterre, tout au moins; d'une part, en effet, les représentants des ouvriers (Federation of Engineering and Shipbuilding Trades of the United Kingdom) ont déclaré dans leur dernière Assemblée annuelle, à propos de la grève d'Erith, qu'ils étaient opposés en principe au système à prime (*Engineering*, 9 août 1907). D'autre part, d'après un arrangement conclu entre les représentants des patrons (Engineering Employers' Federation) et ceux des ouvriers (Amalgamated Society of Engineers), au début de cette année, et soumis à la ratification des ouvriers, la liberté pour le patron et l'ouvrier de s'entendre par accord mutuel, en ce qui concerne les salaires, devrait être complète (*Engineering*, 26 juillet 1907, p. 113).

VI. APPLICATION DES SYSTÈMES A PRIME. — 1. L'une des premières conditions du succès de l'application des systèmes à prime dans un atelier est que l'organisation de cet atelier soit excellente. Le choix du système paraît secondaire et le succès dépend surtout des conditions dans lesquelles il est appliqué.

Une excellente organisation est en effet nécessaire pour la détermination du temps de base. Cette détermination ne peut être confiée qu'à un ingénieur compétent qui, tout au moins au début, observera lui-même les machines, depuis le commencement jusqu'à la fin des travaux, en notant les éléments, durée, etc., de chaque opération. On arrive ainsi à fixer, avec une approximation très remarquable, une bonne moyenne pour les temps de base de toute opération, si toutefois il s'agit d'établir, non pas le *meilleur temps*, mais le *temps moyen* nécessaire. Ce travail, variable suivant les cas, est peut-être moins considérable en réalité qu'en apparence ([1]); mais néanmoins on ne peut penser à le faire que dans des ateliers d'une certaine importance. Pour l'application des systèmes à temps de base minimum tels que le système Gantt, la détermination de ce temps de base est plus délicate encore, car il convient d'étudier alors l'influence de l'ordre dans lequel se font les opérations, la meilleure manière de les exécuter, la nature et la forme des outils, les vitesses de coupe, etc.; cette détermination n'est donc guère possible que dans les entreprises très importantes et d'une organisation parfaite ([2]).

2. Une autre condition du succès est que le système soit bien accueilli par les ouvriers, ce qui est parfois difficile avec la mentalité actuelle de ceux-ci, qui se figurent que toute économie que fait le patron est réalisée à leur détriment, et qui, en outre, craignent que la documentation qu'entraînent les systèmes à primes ne fixe trop bien le patron sur la valeur réelle de chacun de ses ouvriers.

Les contremaîtres peuvent sous ce rapport exercer une action très grande. Aussi, au lieu de leur donner un salaire fixe, conviendrait-il de les intéresser aussi aux résultats obtenus en leur donnant, par exemple, des primes proportionnelles à la moyenne de celles gagnées par leurs ouvriers. Mais il faudrait nécessairement alors que ce ne soient pas eux qui fixent les temps de base.

CONCLUSION. — Voici la conclusion que tire M. Lecler de cette longue étude :

« Les systèmes à primes donnent, dans des conditions convenables, de bons résultats, mais il ne faudrait pas y voir une panacée universelle : leur application est, en particulier, limitée par la nécessité de la détermination préalable des temps de base ([1]); de plus ils ne peuvent s'employer avec tous leurs avantages que dans des entreprises bien organisées.

» D'ailleurs, leurs bons résultats sont dus à deux causes bien distinctes, le stimulant donné à l'ouvrier par la prime, et les améliorations que permet d'apporter à la production la connaissance plus complète des conditions dans lesquelles elle s'effectue, qu'entraîne la détermination des temps de base.

» Une part importante des bons résultats constatés est due, en réalité, à cette dernière cause, qui se rattache étroitement à la question de l'organisation industrielle, d'où cette conclusion dernière, que les systèmes à primes, qui constituent un élément non négligeable de succès, doivent être considérés comme un détail, fort important il est vrai, dans l'étude de la bonne organisation d'une entreprise industrielle. »

([1]) M. J. Rowan, qui préconise cette méthode, estime que, dans un atelier de 150 machines, trois personnes recueilleront en deux ou trois mois toutes les données nécessaires.

([2]) M. Lecler fait observer que ces deux méthodes de détermination des temps de base ne sont pas nouvelles et sont employées toutes deux depuis longtemps (dans les ateliers de l'artillerie par exemple) pour la détermination des temps de base des travaux à la tâche.

([1]) « Par contre, l'influence d'une erreur dans la détermination des temps de base étant moindre qu'avec le salaire à la tâche, leur champ d'action est plus étendu. »

DOCUMENTS OFFICIELS.

Décrets du 17 octobre 1907 relatifs à la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie.

— L'article 18 de la loi sur les distributions d'énergie ([2]) prévoyait que des règlements d'administration publique fixeraient les points suivants :

1° La forme des enquêtes prévues aux articles 6, 11 et 12;

2° Les formes de l'instruction des projets et de leur approbation;

3° L'organisation du contrôle de la construction et de l'exploitation;

4° Les conditions générales et d'intérêt public auxquelles devront satisfaire les ouvrages servant à la distribution d'énergie;

5° La forme des réquisitions à adopter en vertu de l'art. 17;

6° Les mesures relatives à la police et à la sécurité de l'exploitation des distributions d'énergie;

7° Les tarifs des redevances dues à l'État, aux départements et aux communes, en raison de l'occupation du domaine public;

8° Et en général toutes les mesures nécessaires à l'exécution de la loi.

Deux de ces points (3° et 7°) viennent d'être l'objet de deux décrets présidentiels en date du 17 octobre; les règlements relatifs aux autres points sont actuellement en préparation et ne tarderont pas à être soumis aux délibérations du Conseil d'État.

Voici les textes de ces décrets :

DÉCRET ORGANISANT LE SERVICE DU CONTRÔLE DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

CHAPITRE PREMIER. — *Distributions établies en vertu de concessions accordées par l'État et distributions empruntant en tout ou en partie la grande voirie en vertu de permissions.*

ART. 1er. — Le contrôle des distributions d'énergie électrique établies en vertu de concessions accordées par l'État

([2]) Pour le texte de cette loi, voir *La Revue électrique*, t. VI, 15 juillet 1906, p. 29.

et des distributions empruntant en tout ou en partie la grande voirie en vertu de permissions, est exercé dans chaque département par un ingénieur en chef.

Deux ou plusieurs départements peuvent, par décision spéciale du ministre des travaux publics, être réunis en une circonscription unique.

ART. 2. — L'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique est assisté d'agents dont le nombre et la répartition sont arrêtés par le ministre des travaux publics suivant l'importance des distributions à contrôler.

ART. 3. — L'inspection des services de contrôle est assurée par des inspecteurs généraux.

ART. 4. — Les inspecteurs généraux, ingénieurs en chef et autres agents du contrôle sont nommés par arrêté du ministre des travaux publics et pris dans les cadres des ponts et chaussées, des mines ou des télégraphes, sous réserve des dispositions de l'article 7.

Les ingénieurs en chef et les autres agents du contrôle sont pris dans le personnel en exercice dans le département.

CHAPITRE II. — *Distributions établies en vertu de concessions données par les communes et les syndicats de communes et distributions empruntant exclusivement les voies vicinales ou urbaines en vertu de permissions.*

ART. 5. — Les agents désignés par les municipalités pour le contrôle des distributions établies en vertu de concessions données par les communes ou les syndicats de communes et des distributions empruntant exclusivement les voies vicinales et urbaines doivent remplir les conditions de capacité fixées par le ministre des travaux publics.

ART. 6. — Ces agents sont soumis à la surveillance de l'ingénieur en chef du contrôle. Des arrêtés du ministre des travaux publics déterminent les conditions de détail dans lesquelles est exercée cette surveillance.

ART. 7. — Les agents des municipalités peuvent, sur la proposition de l'ingénieur en chef du contrôle et avec l'assentiment des municipalités qui les ont désignés, être chargés, par arrêté du ministre des travaux publics, d'assister l'ingénieur en chef pour le contrôle des distributions visées au Chapitre I.

CHAPITRE III. — *Distributions desservant les chemins de fer, tramways et autres entreprises soumises à un contrôle technique de l'administration.*

ART. 8. — Le contrôle des distributions desservant les chemins de fer, tramways et établissements soumis à un contrôle technique de l'administration, est assuré par le service chargé de ce contrôle pour les canalisations et installations électriques intérieures de ces voies de transport ou établissements et par le service du contrôle des distributions d'énergie électrique pour les canalisations extérieures alimentant ces installations.

Il peut être dérogé à cette règle par décision spéciale du ministre des travaux publics.

CHAPITRE IV. — *Frais de contrôle.*

ART. 9. — Le ministre des travaux publics arrête chaque année les bases d'après lesquelles sont fixés à forfait les frais de contrôle dus à l'État par les entrepreneurs de distributions établies en vertu de permissions ou de concessions.

Ces frais, proportionnels à la longueur des lignes, ne peuvent dépasser 10^{fr} par kilomètre de ligne et par an pour les distributions soumises au contrôle exclusif de l'État et 5^{fr} par kilomètre de ligne et par an pour les distributions soumises au contrôle des municipalités sous l'autorité du ministre des travaux publics.

ART. 10. — Pour le calcul des frais de contrôle, les branchements desservant les immeubles ainsi que les canalisations établies sur des terrains particuliers n'entrent pas en compte.

Les canalisations aériennes installées sur le domaine public et empruntant les mêmes supports ou poteaux, et les canalisations souterraines dont les conducteurs sont juxtaposés sont considérées comme formant une seule ligne, dont la longueur est égale à celle de la voie canalisée.

Pour les canalisations établies en partie sur des voies publiques et en partie sur des terrains particuliers, chaque section de canalisation établie sur la voie publique est considérée comme ayant 1^{km} au moins, sans toutefois que la longueur totale servant ainsi de base à la fixation des frais de contrôle puisse être supérieure à la longueur réelle des canalisations.

Les frais de contrôle sont calculés par trimestre; tout trimestre commencé est compté pour un trimestre entier.

Chaque permission ou concession donne lieu à perception de frais de contrôle distincts pour les lignes qu'elle autorise.

ART. 11. — Les frais de contrôle dus aux municipalités sont déterminés par le conseil municipal. Ces frais ne peuvent dépasser 5^{fr} par kilomètre de ligne et par an.

ART. 12. — Les frais de contrôle dus à l'État sont versés annuellement au Trésor sur le vu d'un état arrêté par le ministre ou par le préfet délégué à cet effet et formant titre de perception.

Les frais dus aux communes sont acquittés à la caisse municipale sur le vu d'un ordre de versement établi par le maire.

A défaut de payement par l'entrepreneur, le recouvrement est poursuivi en conformité des règles générales de la comptabilité municipale.

ART. 13. — Le tarif maximum des frais de contrôle prévus aux articles 9 et 11 ci-dessus sera revisé au plus tard le 1er janvier 1910.

Après la première revision, le tarif pourra être revisé tous les 10 ans.

CHAPITRE V. — *Dispositions diverses.*

ART. 14. — Lorsqu'une distribution s'étend sur le territoire de plusieurs départements, elle peut être rattachée au service d'un seul ingénieur en chef.

D'une manière générale, en cas de difficulté relative à la compétence des divers services de contrôle, il est statué par le ministre des travaux publics.

ART. 15. — Le ministre de l'intérieur, le ministre des travaux publics et des postes et télégraphes et le ministre de l'agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

DÉCRET PORTANT FIXATION DES REDEVANCES POUR L'OCCUPATION DU DOMAINE PUBLIC.

ARTICLE 1er. — Les redevances pour l'occupation du domaine public par les ouvrages de transport d'énergie électrique alimentant les services publics assurés ou concédés par l'État, les départements et les communes sont proportionnelles à la longueur des lignes, au nombre des supports et à la surface du domaine public occupé; elles sont perçues conformément au tarif ci-après par l'État, le département et la commune au prorata de la longueur des voies empruntées, suivant que



ces voies font partie du domaine public national, départemental ou communal :

SITUATION des emplacements du domaine public occupé.	TAUX de la redevance annuelle par mètre de ligne aérienne ou souterraine.	REDEVANCE annuelle fixe par chaque support (poteau ou pylône).	TAUX de la redevance annuelle par m² pour les postes de transformateurs et autres établissements analogues avec minimum de 1fr par poste.
	fr c	fr c	fr c
Paris	0,10	10,00	25,00
Communes de 100000 habitants et au-dessus	0,02	2,00	5,00
Communes de 20000 à 100000 habitants	0,01	0,50	2,50
Communes ayant moins de 20000 habitants	0,005	0,25	1,00

ART. 2. — Les redevances pour l'occupation du domaine public par les ouvrages particuliers de transport et par les ouvrages de distribution, quel qu'en soit l'objet, sont fixées au double des taux prévus à l'article 1er ci-dessus.

ART. 3. — Les redevances prévues aux articles 1 et 2 pour l'occupation du domaine public communal peuvent, en cas de distribution concédée et en vertu d'une stipulation spéciale du cahier des charges, soit être réduites par l'autorité concédante pour tenir compte des avantages particuliers réservés à la commune par l'acte de concession, soit être remplacées par des redevances proportionnelles aux recettes brutes totales réalisées dans la commune, sans toutefois pouvoir dépasser les maxima fixés par le tarif ci-après :

DÉSIGNATION des communes.	DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE	
	pour l'éclairage. — Pour 100 des recettes.	pour tous autres usages. — Pour 100 des recettes.
Paris	10 pour 100	5 pour 100
Communes de plus de 100000 habitants	4 »	1,5 »
Communes de 20000 à 100000 habitants	3 »	1 »
Communes ayant moins de 20000 habitants	2 »	0,5 »

Les entrepreneurs de distributions établies en vertu de permissions de voirie peuvent demander l'application du tarif maximum prévu au présent article en remplacement du tarif fixé par les articles 1 et 2, à condition de soumettre leurs recettes à la vérification du service du contrôle.

ART. 4. — Pour le calcul des redevances, les canalisations aériennes installées sur les mêmes supports ou poteaux et les canalisations souterraines dont les conducteurs sont juxtaposés sont considérées comme formant une seule ligne, dont la longueur est égale à celle de la voie canalisée.

Les branchements desservant les immeubles ainsi que les supports et appuis établis sur des immeubles particuliers n'entrent pas en compte.

Les recettes brutes réalisées sur la vente du courant sont seules comptées pour le calcul des redevances. Les recettes provenant de l'emploi accessoire de l'énergie pour l'éclairage des locaux où elle est employée industriellement sont assimilées aux recettes provenant de la vente de l'énergie pour tous usages autres que l'éclairage.

Les redevances prévues à l'article 1er et à l'article 2 sont calculées par trimestre et perçues annuellement. Tout trimestre commencé est compté pour un trimestre entier.

Chaque permission ou concession donne ouverture à une redevance distincte.

ART. 5. — Au commencement de chaque trimestre, l'ingénieur en chef du contrôle adresse au directeur des domaines de chaque département un relevé, soumis préalablement à l'acceptation des entrepreneurs de la distribution et portant indication des occupations du domaine public national telles qu'elles existent à la fin du trimestre précédent.

Ce relevé, qui indique la population des communes traversées, la destination des lignes, leur longueur, le nombre de supports en cas de ligne aérienne et la superficie des ouvrages occupant le domaine public, est transmis par le directeur des domaines au receveur compétent, qui calcule les redevances dues par chaque entreprise et procède à leur encaissement conformément aux règles fixées pour le recouvrement des produits et revenus domaniaux.

Pour la perception des redevances dues en raison des occupations du domaine public départemental, le relevé des ouvrages est adressé par l'ingénieur en chef du contrôle au préfet. Le recouvrement des redevances calculées d'après cet état est poursuivi en conformité des règles générales de la comptabilité départementale.

Pour la perception des redevances dues en raison des occupations du domaine public communal, le relevé des ouvrages ou l'état des recettes de la distribution réalisées dans la commune est adressé par l'ingénieur en chef du contrôle au maire. Le recouvrement des redevances calculées d'après ces états est poursuivi en conformité des règles générales de la comptabilité communale.

ART. 6. — Les redevances fixées par le présent décret ne seront applicables aux distributions établies en vertu de concessions accordées avant la promulgation de la loi du 15 juin 1906 qu'à l'expiration de ces concessions; elles seront applicables aux distributions établies en vertu de permissions de voirie antérieures à la loi, dès l'époque où les conditions fiscales de ces permissions seront susceptibles d'être revisées.

ART. 7. — Les tarifs prévus par les articles 1, 2 et le tarif maximum prévu par l'article 3 du présent décret seront revisés au plus tard le 1er janvier 1913. Après la première revision, ils ne pourront plus être revisés que tous les trente ans.

Les tarifs revisés seront applicables de plein droit à tous les ouvrages existants, sauf stipulations contraires du cahier des charges des distributions concédées en ce qui concerne les redevances dues à l'autorité concédante.

ART. 8. — Le ministre de l'intérieur, le ministre des travaux publics et des postes et télégraphes, le ministre des finances et le ministre de l'agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel de la République française* et inséré au *Bulletin des lois*,

Fait à Paris, le 17 octobre 1907.



INFORMATIONS DIVERSES.

Vente de la bibliothèque d'Hospitalier. — Le douloureux événement qui, le 9 mars dernier, enlevait notre confrère et ami Édouard Hospitalier à l'affection des siens, va avoir pour conséquence la vente des nombreux Ouvrages et documents, concernant l'Électricité, qu'il avait rassemblés.

Cette vente aura lieu le vendredi 6 décembre à 8h précises du soir dans les salles de la librairie Em. Paul et fils et Guillemin, 28, rue des Bons-Enfants.

Le catalogue, que l'on peut se procurer chez les libraires chargés de la vente, indique cent quatre-vingt-deux lots de livres ou de documents classés ou non classés. Les livres comprennent la plupart des Ouvrages d'Électrotechnique récemment publiés et les collections des principaux journaux techniques; les documents sont des lettres, notices, mémoires, articles, photographies, rassemblés et classés par Hospitalier. L'extrait suivant de la préface que M. Ch.-Ed. Guillaume a écrite pour ce catalogue indiquera d'ailleurs, mieux que nous ne saurions le faire, l'importance des ces documents :

La documentation d'Hospitalier était prodigieuse. Voulant tout voir avec netteté, il rassemblait tous les écrits susceptibles de l'enrichir encore. Mais surtout, avec un sens pratique qui s'ajoutait à son besoin de clarté, il classait sans cesse ses documents, les cataloguait, les organisait de manière à pouvoir, avec le minimum de recherches, trouver le renseignement utile et le faire servir dans sa multiple activité.

Depuis de longues années, Hospitalier était un expert très écouté et un ingénieur-conseil que l'on consultait avec profit. Sa grande érudition, sa vue claire des choses, son extrême droiture constituaient assurément les éléments principaux de son succès. Mais aussi, les textes dont il pouvait appuyer ses opinions, et qu'il avait toujours à portée de la main, donnaient une force singulière à ses affirmations. C'est pourquoi, même alors qu'il ne peut plus les utiliser lui-même, ses papiers, imprimés ou manuscrits, classés avec méthode, conservent une grande valeur pour ceux qui, parcourant la même carrière, sont désireux d'acquérir une documentation de premier ordre.

Hospitalier, qui parlait l'anglais de façon très courante, était également capable d'utiliser des textes allemands ou italiens; et ce n'est pas la caractéristique la moins intéressante de la bibliothèque qu'il laisse, de contenir une foule de documents étrangers, livres, brochures ou manuscrits. Des séries, pour la plupart complètes jusqu'à cette année, des périodiques les plus importants donnent, à l'ensemble, un caractère de continuité assez rare dans une bibliothèque privée, et que les amateurs sauront apprécier.

Les annotations nombreuses de sa main rappellent que ces livres furent les compagnons de son incessant labeur; ils pourront apporter à d'autres professeurs, à d'autres ingénieurs tout ce qui peut être transmis du travail d'un penseur.

Société internationale des Electriciens. — La prochaine réunion mensuelle de la Société internationale des Électriciens aura lieu le mercredi 4 décembre, à 8h30m précises du soir, dans la grande salle des séances de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, à Paris. L'ordre du jour technique comprend :

1. Discussion de la Communication de M. Védovelli sur l'appareillage électrique à haute et basse tension;

2. Appareils de protection contre les conséquences des ruptures des conducteurs aériens; par M. Barré (projections);

3. Application des appareils de protection ci-dessus aux lignes de trolleys; par M. Mariage.

Électrochimie et Électrométallurgie : L'Avenir des industries électrochimiques et électrométallurgiques. — On sait que, depuis ces dernières années, ces industries sont très prospères en France. Cette prospérité durera-t elle? C'est ce qu'examine M. R. Pitaval, dans le *Journal de l'Électrolyse* du 15 octobre, en se basant sur les résultats d'une enquête personnelle auprès des industriels. — Pour l'industrie des ferro-alliages, les avis sont partagés. Un des industriels consultés estime qu'une crise éclatera en 1908 ou au début de 1909, par suite de la concurrence sérieuse des États-Unis qui, de consommateurs importants de ferrochrome ou de ferro-silicium, sont devenus producteurs et exportateurs de ces alliages. Toutefois, l'ensemble des avis est plutôt optimiste. — Les fabricants de carbure, eux, sont tout à fait optimistes. Ils ne peuvent suffire à la consommation, et cette situation n'est pas spéciale à la France, car les usines italiennes ont dû réduire leurs exportations pour satisfaire d'abord la consommation nationale. — Seul, le marché de l'aluminium est en baisse et, à partir du 1er janvier prochain, son prix de vente est fixé à 2fr,50 le kilogramme. Mais cette baisse était prévue et même voulue par les grands fabricants d'aluminium, qui comptent ainsi développer les applications de ce métal, en particulier sa substitution au cuivre dans l'établissement des transports d'énergie par l'électricité et la fabrication des ustensiles de cuisine. — L'industrie des chlorates, sévèrement contrôlée par des syndicats, n'a rien à redouter, et quant aux produits plus spéciaux, sodium, calcium, baryum, phosphore, etc., leurs débouchés sont encore trop restreints pour qu'une crise puisse les atteindre. — Aussi, M. Pitaval conclut-il qu'une crise sérieuse ne paraît pas à redouter. Peut-être, ajoute-t-il, les fabricants gagneront-ils moins que pendant ces deux dernières années, mais le gain n'en existera pas moins, et toute crainte de crise eût été évitée si, pendant les années prospères, les compagnies électrochimiques et électrométallurgiques avaient consacré à des réserves et amortissements une partie de leurs bénéfices au lieu de capitaliser leurs affaires sur la base de revenus exceptionnels.

Fabrication de l'acier. — La Compagnie électrométallurgique française s'est entendue avec les Forges de Franche-Comté pour que celles-ci établissent à Fraisans deux hauts fourneaux produisant 100 tonnes de fonte par jour dont la majeure partie sera livrée à une aciérie électrique construite par une filiale de la Compagnie électrométallurgique française. L'énergie électrique nécessaire à cette usine sera fournie par des moteurs à gaz alimentés par les gaz des hauts fourneaux et lui sera vendue 150fr le cheval-an; la puissance dont pourra disposer l'aciérie est évaluée à 6000 chevaux.



Tome VIII. **N° 95. — 15 décembre 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE DES MACHINES-OUTILS (¹).

Puissance absorbée par les diverses machines-outils. — La puissance absorbée par une machine-outil donnée varie dans de grandes limites selon la vitesse de coupe et la nature de la matière travaillée; aussi ne peut-on donner d'indications générales exactes qu'en se basant sur la quantité de métal enlevée par unité de temps.

D'après M. William COOPER (²), un tour travaillant l'acier doux absorbe une puissance presque exactement proportionnelle au poids de métal enlevé par unité de temps. Cela est vrai quelle que soit la vitesse de coupe et l'avance de l'outil, tandis que, pour les machines travaillant la fonte, la puissance absorbée varie avec l'avance de l'outil. Dans le travail de l'acier, la puissance exigée est d'environ 1^{ch} pour 15^{cm^3} à 16^{cm^3} de métal enlevé par minute, pour toutes les machines, sauf dans le cas d'une fraiseuse à avance très lente. Dans le travail de la fonte, la puissance exigée varie de $0^{ch},2$ à 1^{ch} pour 15^{cm^3} de métal enlevé par minute, selon l'avance de l'outil.

Par exemple, un tour de 50^{cm} de hauteur de pointes, de construction moderne, peut facilement donner une coupe de 6^{mm} d'épaisseur avec une avance de $1^{mm},5$, et, si l'on emploie les aciers à coupe rapide, on pourra aisément porter la vitesse de coupe à 20^{m} ou 26^{m} par minute. Ce travail exigera une puissance de 11^{chx} à 15^{chx}.

M. C.-H. BENJAMIN, dans un article sur *Les pertes de travail dans les ateliers* (¹), donne des chiffres intéressants. Selon lui, les résistances passives d'une machine-outil absorbent à peu près le tiers de la puissance totale qu'exige la machine lorsqu'elle travaille; on s'en rend compte en faisant tourner la

(¹) *Voir* le début, t. VIII, 30 sept. 1907, p. 168. L'auteur y résumait, d'après les travaux publiés dans ces dernières années, les avantages généraux de la commande électrique, puis y discutait les avantages et inconvénients de la commande par groupe de machines et de la commande par groupe isolé.

(²) COOPER, *Cassier's Magazine*, février 1904.

(¹) BENJAMIN, *Cassier's Magazine*, janvier 1900.

machine à vide. Quant au travail effectif, il estime que pour enlever, par heure, 1^{kg} de fonte ou d'acier, il faut dépenser de $0^{ch},55$ à $0^{ch},9$ environ.

Un tour de 400^{mm} de hauteur de pointes peut enlever de 5^{kg} à 8^{kg} de fonte par heure, soit absorber utilement $0^{ch},25$ à $0^{ch},5$, et 2^{kg} à $4^{kg},5$ d'acier doux, avec une dépense de $0^{ch},2$ à $0^{ch},4$. A vide, il exigera de $0^{ch},04$ à $0^{ch},16$ suivant sa vitesse.

Des expériences exécutées sur un tour à bandages pour locomotives actionné par l'électricité, en pleine marche et avec des outils excellents, ont donné $1^{ch},75$ à vide et $5^{ch},8$ en marche. D'après M. Flather, des tours de 300^{mm} à 1^{m} de hauteur de pointe exigent en moyenne $0^{ch},57$ et, d'après l'auteur, les tours de $0^{m},300$ à $0^{m},600$ exigent $0^{ch},21$ en allure ordinaire non forcée, soit, pour un tour moyen, $0^{ch},25$ à $0^{ch},5$ suivant sa charge.

De nombreux essais d'une raboteuse de

$$600^{mm} \times 600^{mm} \times 1^{m},80$$

ont donné $0^{ch},075$ par kilogramme de fonte et $0^{ch},145$ par kilogramme d'acier doux enlevé par heure; son débit, très variable, allait jusqu'à 17^{kg} de fonte et 9^{kg} d'acier par heure, absorbant 1^{ch} et $1^{ch},3$: en moyenne $0^{ch},5$.

Des essais exécutés sur de grandes raboteuses à deux outils en pleine marche ont donné les résultats suivants :

Raboteuse de (m × m)	A vide. (chx)	En charge de (chx)	Moyenne.
1,57 × 10,50	11,4	20,6 à 21,6	21,1
1,57 × 10,50	5,8	23 à 26	24,5
0,914 × 3,60	3	11,3 à 13	12,5
0,610 × 3,90	4,3	»	8
1,40 × 10,50	»	13 à 13,7	13,3
1,40 × 7,20	6	16 à 17,7	16,8

Les étaux limeurs, dont le bras est bien plus léger que la table des raboteuses, ont un meilleur rendement; ils absorbent environ $1^{ch},43$ par kilogramme de fonte enlevé par heure. Cinq limeuses de 100^{mm} à 730^{mm} de course ont absorbé environ chacune $0^{ch},5$ en marche normale.

Les perceuses absorbent très peu de puissance : $0^{ch},25$ en moyenne pour un trou de 25^{mm} de diamètre.

Des fraiseuses universelles de 250^{mm} de hauteur de pointe absorbent, à vide, à peine $0^{ch},05$, mais elles exigent, par kilogramme-heure enlevé, $0^{ch},30$ pour la fonte, $0^{ch},22$ pour le bronze, $0^{ch},66$ pour l'acier.

M. J.-M. Barr [1] a donné quelques formules permettant d'évaluer la puissance qu'absorberont les machines selon leurs dimensions. Ces formules s'appliquent à une vitesse de coupe de 6^{m} à 7^{m} par minute et à des outils ordinaires, trempés à l'eau. Pour des vitesses de coupe supérieures à 7^{m} par minute, la puissance exigée croît à peu près proportionnellement à l'augmentation de vitesse.

1° *Tours.* — Tours à un seul outil

$$P = 0,06\,D - 1;$$

Grands tours

$$P = 0,0936\,D - 2,$$

D désignant le diamètre maximum en centimètres; P, la puissance en chevaux.

2° *Machines à aléser.* — Pour les machines pouvant aléser un diamètre maximum de 75^{cm} et audessous

$$P = 0,1\,D - 4$$

(mêmes notations).

Pour les machines à aléser plus petites, on peut appliquer la formule des grands tours.

Dans le Mémoire déjà cité, M. de Marchena indique, d'après des expériences faites par M. O. Lasche, ingénieur en chef de l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, les puissances absorbées par quelques types de machines-outils marchant à vide à leurs vitesses maxima :

Tours à fileter.

Hauteur de pointes. (mm)	Distance entre pointes. (m)	Puissance absorbée à vide (vitesse maxima). (ch)
250	1 à 2	0,5
250 à 300	1,50 à 2,50	1
350 à 400	2,50 à 3,50	1,5
400 à 500	3,50 à 4,50	2

Tours à plateau.

Diamètre du plateau. (m)	Diamètre maximum à tourner. (m)	Puissance absorbée à vide (vitesse maxima) (ch)
1	1,20 à 1,50	2
1,50	2	3
2,25	3	5
4,00	5	10

Tours revolver.

Hauteur de pointes. (mm)	Longueur maxima. (m)	Puissance maxima absorbée à vide. (ch)
230	0,840	1
300	0,840	2
425	1,600	5

Machines à percer.

Diamètre maximum admissible sur la table.	Distance maxima du porte-foret à la table.	Puissance maxima absorbée à vide. (ch)
150^{mm} à 200^{mm}	230^{mm} à 900^{mm}	0,5
250^{mm} à 350^{mm}	$0^{m},80$ à $1^{m},20$	1
1^{m} à 2^{m}	$1^{m},20$ à 2^{m}	2

[1] Barr, *Machinery*, mars 1905.

Machines à fraiser.

Dimensions de la table.	Distance maxima de l'axe porte-fraise à la table.	Puissance maxima absorbée à vide.
m m	m	ch
1,50 × 0,280	0,560	1
1,80 × 0,335	0,560	3
3,00 × 1,300	1,120	5

En fonctionnement effectif, il faut ajouter aux puissances absorbées à vide celles absorbées par le travail des outils sur le métal. D'après les expériences de MM. Huillier et Frémont, ce travail s'élèverait, par kilogramme de copeaux enlevés dans de l'acier à 55^{kg} de résistance, à

18 à 25000^{kgm} pour les tours;
30 à 40000^{kgm} pour les machines à raboter, à mortaiser et les étaux limeurs;
40 à 60000^{kgm} pour les machines à percer et à fraiser.

Le rendement des machines s'améliore, en général, quand le travail effectif augmente; dans les machines modernes à coupes très puissantes et à grande puissance de production, ce rendement tombe rarement au-dessous de 60 pour 100.

Sur les machines à travailler le bois, M. F. Kimball fournit quelques renseignements dans un article intitulé : *The development and use of the small electric motor* (*Engineering Magazine*, juin 1903). La puissance nécessaire pour actionner une machine à bois varie beaucoup selon la nature et l'état du bois à ouvrer, la vitesse d'avance, la profondeur de coupe et surtout l'état de l'outil. A ce point de vue, un avantage essentiel de la commande électrique pour les machines à travailler le bois est la facilité que donne cette commande pour la mesure de l'énergie absorbée par les machines. En relevant de temps en temps les indications d'un compteur placé dans le circuit d'alimentation de chaque machine, on vérifie très exactement si la machine est en bon état, si la coupe et l'avance de l'outil ont les valeurs nécessaires, et si les outils sont bien affûtés. Ce dernier point a une grande importance : un travail donné absorbera trois ou quatre fois plus de puissance si l'outil est émoussé que s'il est bien tranchant.

La commande électrique convient particulièrement aux machines à bois, qui marchent généralement à grande vitesse. De plus, la puissance absorbée par ces machines est ordinairement très supérieure à celle qu'exigent les machines à métaux dont les dimensions sont du même ordre; aussi donnent-elles lieu à des pertes de puissance élevées dans les longues transmissions. Enfin les pièces à travailler sur les machines à bois sont plus volumineuses que les pièces métalliques en général; il faut donc ménager plus d'espace libre autour des machines à travailler le bois. La commande électrique individuelle, qui permet de déterminer à volonté l'emplacement des machines, donne toute facilité pour réserver l'espace libre nécessaire.

Voici quelques exemples de la puissance absorbée par des machines à bois :

Une raboteuse à cylindre de 60^{cm}, marchant à 3725 tours par minute, absorbera environ 7,5 chevaux en travaillant sur du bois sec et 15 chevaux sur du bois vert.

Une scie circulaire de 20^{cm}, travaillant sur du bois dur, absorbera 1,5 à 2 chevaux.

Une scie à ruban absorbera 2,5 chevaux environ.

M. Selby-Bidge, dans un article sur l'*Emploi de la puissance électrique dans les ateliers et aciéries*, analysé dans les *Notes de Mécanique* (janvier 1903), donne les renseignements suivants :

Une perceuse à bois, perçant des trous de 15^{mm} de diamètre sur 560^{mm} de profondeur en 2 minutes, absorbe 3 chevaux.

Une scie circulaire de $0^{m},90$, marchant à 1200 tours par minute et coupant du sapin de $280^{mm} \times 0^{m},10$ par seconde, absorbe 15 chevaux.

Une raboteuse de $0^{m},60 \times 150^{mm}$, marchant à 3800 tours par minute et rabotant du sapin de 280^{mm} de large à 65^{mm} par minute, absorbe 1,8 cheval.

Réglage de la vitesse dans la commande des machines-outils. — Les variations de vitesse exigées par les diverses machines-outils sont d'étendue très différente. Pour certaines machines, une variation de 4 à 1 suffit, tandis que d'autres exigent des variations de 50 ou 75 à 1. Dans ce dernier cas, il est évident que les changements de vitesse mécaniques doivent venir largement en aide au moteur électrique.

Ce sont les machines-outils à mouvement rotatif qui exigent les variations de vitesse les plus grandes, et M. Lozier (*Journal of the Franklin Institute*, novembre 1904, p. 344) indique la règle suivante pour prédéterminer ces variations :

La vitesse minima à laquelle devra marcher l'outil est déterminée par les conditions suivantes : l'outil travaillant sur le plus grand diamètre compatible avec les dimensions de la machine et sur la matière la plus dure qu'il peut avoir à travailler. La vitesse maxima se détermine d'après la matière la plus tendre à travailler et d'après le plus faible diamètre sur lequel l'outil pourra pratiquement travailler.

Considérons un tour de 65^{cm} (cette dimension indique le diamètre maximum qu'on peut y tourner) devant travailler de l'acier à haute teneur en carbone, à une vitesse de coupe de $3^{m},80$ par minute.

On en conclut qu'au diamètre maximum, soit 65cm, l'axe (ou le plateau) du tour devra tourner à la vitesse de 1,8 tour par minute.

Si ce même tour doit travailler de la fonte à une vitesse de coupe de 36m par minute, et sur un diamètre pouvant descendre jusqu'à 5cm, son axe (ou son plateau) tournera à 225 tours par minute environ.

Le rapport de ces deux vitesses est d'à peu près 125 à 1. Pour réaliser ces conditions, il faudrait installer deux engrenages réduisant chacun la vitesse dans le rapport de 5 à 1, et un moteur pouvant varier de vitesse aussi dans le rapport de 5 à 1 ($5 \times 5 \times 5 = 125$). Avec les deux engrenages en prise et le moteur tournant à son allure la plus lente, on obtient la vitesse de 1,8 tour par minute. Pour accélérer, on accroît la vitesse du moteur par échelons convenables jusqu'à ce qu'on obtienne 9 tours par minute à l'arbre de l'outil ($1,8 \times 5 = 9$). On débraye alors un des engrenages, on met le moteur à son allure la plus lente et l'on retrouve ainsi la vitesse de 9 tours par minute. Par réglage de la vitesse du moteur, on obtient ensuite 45 tours par minute ($9 \times 5 = 45$). Puis on débraye le second engrenage, on amène la vitesse du moteur au minimum, et l'on a ainsi, en prise directe, la vitesse de 45 tours par minute, qu'on augmente par le réglage du moteur jusqu'à 225 tours par minute ($45 \times 5 = 225$).

Ainsi la méthode générale consiste à utiliser l'échelle des vitesses fournies par le moteur en même temps que des engrenages de rapports différents; on met en prise un nouvel engrenage chaque fois qu'on arrive au bout de l'échelle des vitesses du moteur, jusqu'à ce qu'on ait parcouru toute l'étendue des vitesses qu'on veut se donner. Lorsqu'on fait ainsi l'adaptation d'un moteur électrique à une machine-outil déjà existante, on est parfois obligé de changer les engrenages de renvoi; la conservation de ces organes peut en effet conduire à une lacune importante entre les vitesses réalisables, ce qui serait un sérieux inconvénient. Ces changements d'engrenages sont d'ailleurs généralement peu coûteux. Dans le cas où la commande primitive se fait par courroie, les constructeurs américains remplacent souvent cette courroie par une chaîne, qui peut transmettre une puissance plus grande et rend possible l'emploi des outils à coupe rapide.

On trouve dans l'*American Machinist* du 13 mai 1905 l'indication de la méthode généralement suivie par la Crocker-Wheeler Company pour l'adaptation des moteurs électriques aux machines-outils.

Ces constructeurs font ordinairement varier dans le rapport de 3 à 1 la vitesse du moteur. Si l'on veut qu'il n'y ait aucune lacune entre les vitesses au moment des changements d'engrenages, on obtient, en parcourant à deux reprises l'échelle des vitesses du moteur, un rapport de $3^2 = 9$ entre la vitesse maxima et la vitesse minima. En la parcourant trois et quatre fois, le rapport deviendra $3^3 = 27$ ou $3^4 = 81$. Mais il n'y a pas de raison pour éviter une lacune au moment des changements d'engrenages, pourvu qu'elle ne soit pas grande. En effet, si la première vitesse de la seconde combinaison d'engrenages est supérieure à la dernière vitesse de la première combinaison, et si leur différence est précisément égale à l'intervalle qui sépare les diverses vitesses du moteur, la série des vitesses est ininterrompue, tandis que, si l'on supprime cette lacune, la dernière vitesse de la première combinaison fait double emploi avec la première de la deuxième combinaison (c'est le cas de l'exemple cité plus haut).

Pour déterminer l'étendue totale des variations réalisables en parcourant un nombre donné de fois l'échelle des vitesses du moteur, on ajoutera donc au rapport de variabilité du moteur (3 dans le cas actuel) l'intervalle qui sépare les vitesses successives de ce moteur, soit en général 15 pour 100. Mais cette addition ne doit naturellement pas s'appliquer à la dernière combinaison d'engrenages, pour laquelle on dispose seulement de l'échelle des variations du moteur. Le rapport de la vitesse maxima à la vitesse minima sera donc, en parcourant

Deux fois l'échelle du moteur.....	$3,15 \times 3 = 9,45$
Trois fois l'échelle du moteur.....	$\overline{3,15}^2 \times 3 = 29,76$
Quatre fois l'échelle du moteur...	$\overline{3,15}^3 \times 3 = 93,75$

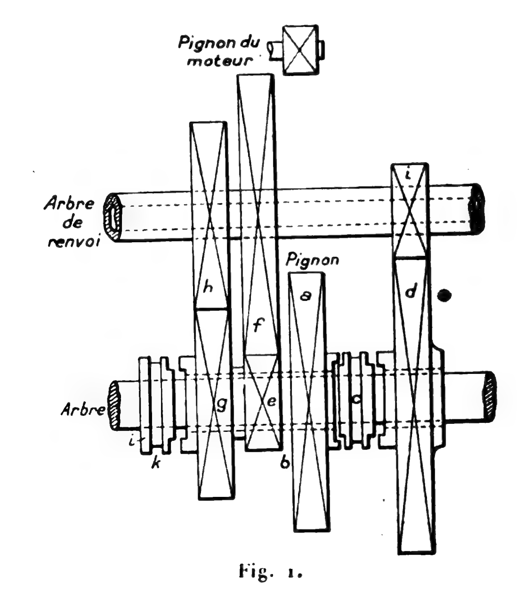


Fig. 1.

La figure 1 représente schématiquement un harnais d'engrenages à trois combinaisons, appliqué à

un tour. En *a* est une roue dentée reliée à l'arbre du moteur par une chaîne. Elle est montée sur un manchon *b*, et le manchon d'embrayage *c* permet de rendre solidaire de l'arbre de l'outil soit cette roue dentée, soit la roue d'engrenage *d*. Le manchon *b* porte une roue dentée *e* engrenant avec la roue *f*; un second manchon porte une roue *g* engrenant avec une roue *h* et peut être rendue solidaire de l'arbre de l'outil au moyen de l'embrayage *i*. La première série de vitesses s'obtient en poussant vers la gauche le manchon d'embrayage *c*, *i* étant débrayé; la seconde s'obtient en laissant *c* dans sa position intermédiaire, c'est-à-dire débrayé, et en embrayant *i*; le mouvement est alors transmis à l'arbre de l'outil par l'intermédiaire de *a*, *b*, *e*, *f*, *h*, *i*. La troisième série de vitesses s'obtient en poussant *c* vers la droite et en débrayant *i*; le mouvement se transmet alors à l'arbre de l'outil par *a*, *b*, *e*, *f*, *j*, *d*, *c*.

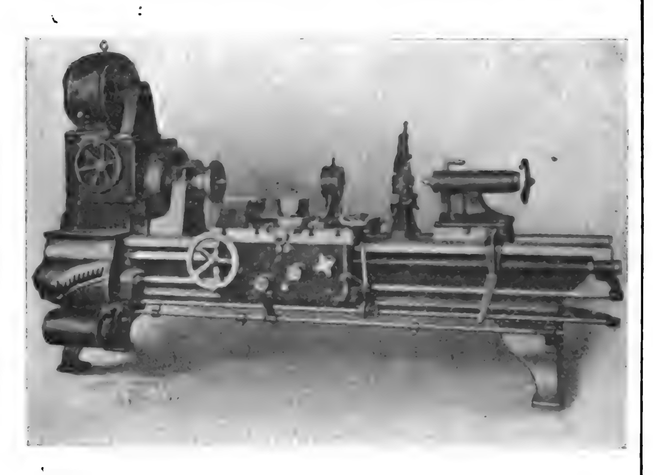


Fig. 2. — Tour à commande électrique.

La figure 2 représente un tour auquel on a appliqué ce dispositif, non par adaptation, mais dès sa construction. Les manchons d'embrayage se manœuvrent au moyen d'un volant placé près de la poupée fixe. Le rapport de chaque combinaison d'engrenages est d'environ 2,75 fois celui de la combinaison précédente, et le rapport des vitesses extrêmes du moteur est de 2,4 à 1. Le moteur est de 5 chevaux; l'étendue totale des vitesses va de 9 à 340 tours par minute par 23 échelons.

Lorsque la machine à actionner n'a jamais besoin de tourner à une vitesse inférieure à 150 ou 160 tours, un seul engrenage suffit, ce système de transmission permettant de réduire la vitesse jusque dans le rapport de 8 à 1. Si la vitesse de la machine ne descend jamais au-dessous de 250 à 300 tours, la réduction de vitesse peut se faire par courroie unique. Dans ce dernier cas, il arrive souvent que la poulie motrice et la poulie conduite sont de diamètres très différents et fort rapprochées l'une de l'autre; on peut alors avoir recours à des galets tendeurs qui augmentent beaucoup l'arc d'enroulement sur la petite poulie. L'*enrouleur* du capitaine Leneveu est aussi très employé dans ce but.

L'application des moteurs électriques aux machines-outils à mouvement alternatif, telles que les raboteuses, les étaux limeurs, les mortaiseuses, présente des difficultés spéciales. Comme il est préférable d'éviter le renversement de marche instantané et fréquent d'un moteur électrique, on peut recourir à un train d'engrenages convenable pour produire ce renversement, en commandant la course avant ou la course arrière de l'outil au moyen d'un embrayage électrique, par exemple.

Réglage de la vitesse des moteurs électriques. — On peut employer pour l'application aux moteurs d'atelier le courant continu ou les courants polyphasés; les deux systèmes ont leurs partisans. Au point de vue mécanique, le moteur asynchrone polyphasé (à cage d'écureuil) a les avantages d'une grande simplicité et de l'absence de contacts frottants; de plus, la partie mobile de ce moteur est beaucoup plus solidement établie que l'induit d'un moteur à courant continu; elle est formée de fortes barres de cuivre boulonnées sur une carcasse d'acier, tandis que l'induit du moteur à courant continu est un assemblage compliqué de fils de faible section. Les inconvénients de l'alternomoteur sont d'abord sa vitesse élevée, ensuite la constance de cette vitesse. Un moteur à vitesse constante est parfaitement approprié à la commande par groupes; mais, pour la commande individuelle, un moteur à vitesse variable présente, comme on l'a dit plus haut, des avantages marqués.

Si l'on adopte une distribution par courants alternatifs, ce sont des moteurs asynchrones qu'il faut installer, les moteurs synchrones ne convenant pas à la commande des outils.

Moteurs a courant continu. — Nous rappellerons ici les principaux procédés employés pour faire varier la vitesse des moteurs à courant continu.

Les trois types de moteurs à courant continu : série, shunt et compound, peuvent s'appliquer à la commande des machines-outils; mais, dans la plupart des cas où l'on veut pouvoir faire varier la vitesse, le moteur shunt est le mieux approprié. Le moteur série convient bien aux machines à vitesse variable où la charge est forte aux faibles vitesses et où le réglage de la marche du moteur s'opère à la main et non automatiquement; c'est le cas des grues et des ponts roulants.

Le moteur compound, avec enroulement série

agissant en sens contraire de l'enroulement shunt, convient aux cas où la vitesse doit rester très régulière malgré les variations de la charge. Le moteur compound, avec enroulement série renforçant l'enroulement shunt, s'emploie lorsque la vitesse doit varier modérément avec la charge. Ce type de moteur convient aussi aux machines à mouvement alternatif, telles que les raboteuses, les mortaiseuses et les étaux limeurs, parce qu'au moment du renversement du sens de marche, l'afflux de courant y est moindre que dans un moteur shunt, à cause du renforcement du couple moteur produit à cet instant par l'enroulement série.

Mais les cas les plus nombreux sont ceux où la vitesse doit pouvoir varier à volonté, sans être influencée par les fluctuations de la charge; le moteur shunt est alors le mieux approprié. C'est ce type de moteur qu'on emploie pour la commande des machines-outils les plus usuelles : tours, perceuses, fraiseuses, machines à aléser, etc.

Remarquons que, dans la plupart des cas, la puissance d'une machine-outil doit rester constante lorsqu'on modifie sa vitesse; le moteur électrique devra donc fournir une puissance constante malgré les variations de vitesse qu'on lui imposera.

Examinons les différents moyens employés dans ce but.

1° *Variation du flux inducteur.* — On produit généralement cette variation par la manœuvre d'un rhéostat intercalé dans le circuit d'excitation; la vitesse du moteur augmente à mesure que le flux inducteur diminue. Ce procédé, comme on le voit, accroît la vitesse normale du moteur; il ne permet pas de la diminuer. Pour toute valeur du champ, la vitesse du moteur reste d'ailleurs constante malgré les fluctuations de la charge. Mais la puissance diminue en raison inverse de la vitesse, à cause des étincelles qui se produiraient sous les balais si le courant dans l'induit se maintenait à sa valeur normale, le champ étant affaibli. Puisqu'on veut pouvoir développer la même puissance à toutes les vitesses, il faudra donc employer un moteur pouvant donner cette puissance à la vitesse maxima. Soit par exemple une machine-outil devant absorber une puissance constante de 1 cheval, la vitesse pouvant varier dans le rapport de 4 à 1, soit de 500 à 2000 tours par minute : il faudra employer un moteur développant 4 chevaux à la vitesse minima de 500 tours par minute; ce moteur développera 2 chevaux à 1000 tours et 1 cheval à 2000.

Pour ne pas trop accroître les dimensions des moteurs à employer, on se contentera donc, en général, de faire varier la vitesse dans le rapport de 2 à 1 par ce système, du moins avec les moteurs de construction ordinaire. Mais on a récemment beaucoup perfectionné ce procédé par l'emploi des pôles auxiliaires de commutation, qui empêchent les étincelles aux balais de se produire lorsqu'on affaiblit le champ inducteur (*voir* la *Revue électrique* du 15 juillet 1906). En outre, avec ce mode de construction, la variation de vitesse n'affecte pas le rendement, tandis que, dans les moteurs de construction ordinaire, le rendement s'abaisse quand on accroît la vitesse par la manœuvre du rhéostat d'excitation.

Un autre moyen de régler la vitesse par variation du flux inducteur consiste à modifier la réluctance du circuit magnétique en agissant sur l'entrefer. Tels sont les moteurs Couffinhal, décrits par M. Courbier dans le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens* (juillet 1903). Par ce système, on évite les étincelles aux balais mieux que par la manœuvre du rhéostat d'excitation (sans pôles auxiliaires), mais la construction devient assez compliquée, surtout pour les machines multipolaires. Le rendement est peu affecté par les variations de vitesse.

2° *Réglage du nombre de conducteurs induits en série.* — Dans ce système, on emploie des induits munis de deux enroulements et de deux collecteurs qu'on groupe en série ou en quantité. Comme le fait remarquer M. Brunswick (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* fév. 1904), avec ce système, l'utilisation de la matière est mauvaise en travail à puissance constante, chaque enroulement devant être prévu pour le courant total. Le rendement ne varie pas sensiblement en passant d'un régime à l'autre. Le système ne donne que deux échelons de vitesse, à moins qu'on ne le combine avec l'emploi d'une distribution à trois ou cinq fils.

MM. D. et W. Jackson, dans *Cassier's Magazine* (*Electric power in manufacturing plants,* juin 1904) signalent un perfectionnement de ce procédé : les deux enroulements induits sont formés de nombres différents de spires, de sorte qu'on peut se servir de quatre combinaisons : employer chacun des deux induits séparément, les coupler en série, ou les coupler en opposition. Si le bobinage a été déterminé de telle sorte que les nombres de conduteurs induits mis en série dans les quatre combinaisons croissent en progression géométrique, ce mode de construction, combiné avec la manœuvre du rhéostat d'excitation, permet d'obtenir sur un réseau à deux fils un réglage de vitesse aussi étendu que sur un réseau à cinq fils.

3° *Variation de la tension aux bornes de l'induit.* — On sait que la vitesse d'un moteur shunt croît proportionnellement à la tension appli-



quée à ses balais. Sa puissance croît aussi proportionnellement à sa vitesse. On est donc ici dans les conditions inverses de celles du réglage par l'excitation, où la puissance du moteur varie en raison inverse de sa vitesse. Soit par exemple un moteur qui, sous la tension normale aux balais, a une vitesse de 600 tours par minute. Si l'on accroît la vitesse jusqu'à 1200 tours par minute par l'affaiblissement du flux inducteur, ce moteur ne pourra développer, dans les mêmes conditions de commutation, que la moitié de sa puissance normale. Si l'on abaisse la vitesse jusqu'à 300 tours par minute en faisant décroître de moitié la tension appliquée aux balais, la puissance que pourra développer le moteur dans les mêmes conditions d'échauffement sera la moitié de sa puissance normale.

La façon la plus simple de faire varier la tension aux balais consiste à mettre un rhéostat en série avec l'induit; mais ce système présente trois inconvénients : 1° lorsque la charge du moteur varie, la tension absorbée par le rhéostat change en même temps, et par suite la vitesse varie avec la charge; 2° le rendement est mauvais, le rhéostat absorbant une partie de l'énergie; 3° les dimensions du rhéostat nécessaire pour absorber cette énergie deviennent fort grandes pour un réglage étendu.

Un système meilleur consiste à brancher le moteur sur des circuits à tensions différentes. Ce procédé, combiné avec le réglage de l'excitation, permet de faire varier la vitesse d'une façon graduelle dans des limites très étendues. Les réseaux à trois fils, comme ceux qu'on emploie pour la

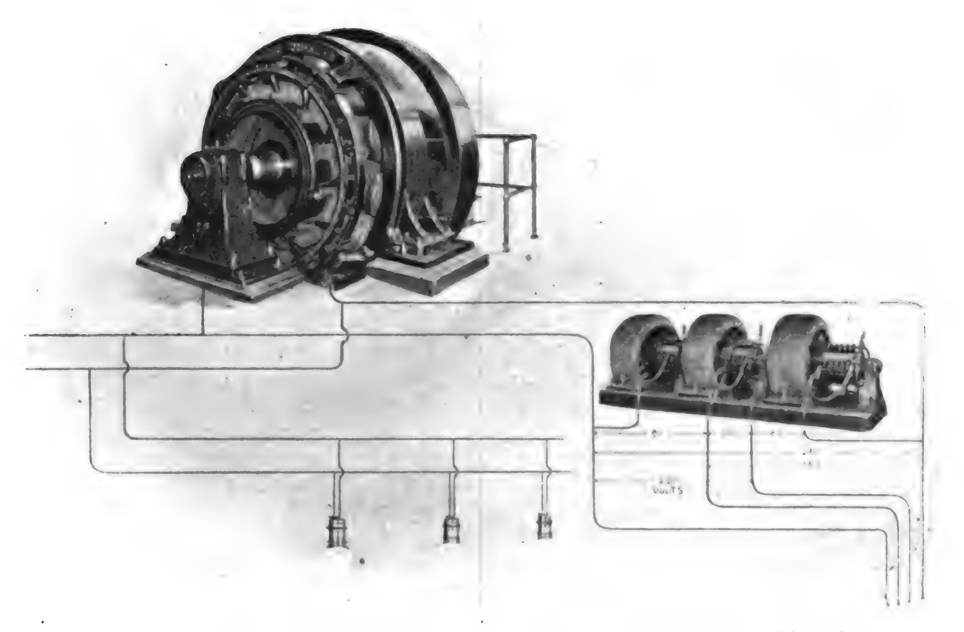


Fig. 3. — Distribution à tensions multiples croissant en progression arithmétique.

lumière, avec tensions égales sur les deux ponts, donnent l'application la plus simple de ce système. L'induit du moteur se branche soit sur un pont, soit entre les conducteurs extrêmes, la tension entre ceux-ci étant la tension normale du moteur. Quant à l'excitation, elle est constamment alimentée par les conducteurs extrêmes. L'induit étant branché sur un pont, on a la marche à demi-vitesse; branché sur les extrêmes, on a la marche à vitesse normale. Pour passer graduellement d'une vitesse à l'autre, on emploie le rhéostat d'excitation. Le moteur soumis à ce régime doit être spécialement construit, afin que la commutation s'opère de façon satisfaisante pour des valeurs très différentes du champ; sinon les changements de vitesse seraient trop brusques. Le réglage par l'excitation doit être assez étendu pour accélérer le moteur depuis la vitesse la plus faible réalisable à demi-tension, jusqu'à la vitesse la plus faible réalisable avec la tension normale; le champ magnétique doit donc pouvoir faire varier la vitesse dans le rapport de 1 à 2.

On étend beaucoup les applications de ce système en augmentant le nombre des conducteurs d'alimentation. C'est ainsi qu'on a employé des réseaux à quatre fils, la tension maxima étant divisée entre les différents ponts de telle sorte qu'on dispose de six tensions différentes pour alimenter le moteur. On obtient ainsi six vitesses qu'on peut appeler *normales*, c'est-à-dire réalisables sans ré-

glage de l'excitation; les vitesses intermédiaires s'obtiennent par la manœuvre du rhéostat de champ.

La figure 3 représente une distribution de ce genre qui a été appliquée dans l'industrie; les tensions sur les différents ponts croissent en progression arithmétique. Ce mode de division ne s'adapte pas bien aux divisions intermédiaires de la vitesse, le taux de variation de la vitesse étant différent pour chaque changement de tension.

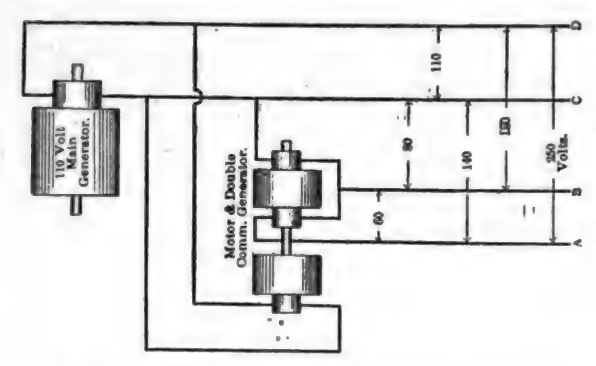


Fig. 4. — Distribution à tensions multiples au moyen d'un survolteur.

La figure 4 représente une distribution dans laquelle les différentes tensions sont entre elles en progression géométrique. Ce système s'adapte bien au réglage intermédiaire par variation du flux inducteur; le réglage de la vitesse se fait commodément dans toute l'étendue de la variation.

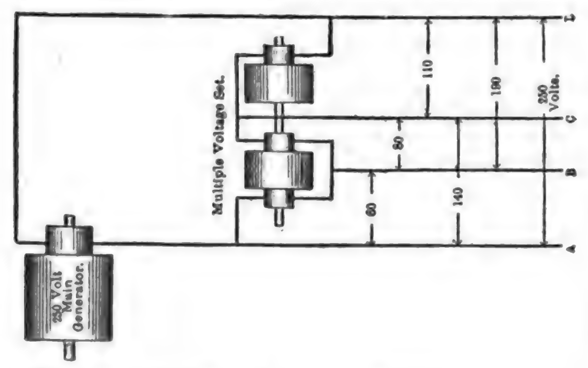


Fig. 5. — Distribution à tensions multiples au moyen d'un diviseur de tension.

La façon la plus simple d'alimenter un réseau à tensions multiples consiste à employer plusieurs génératrices, donnant chacune une tension différente. Mais cela n'est pas nécessaire, car on constate que, là où un certain nombre de moteurs fonctionnent en même temps, on peut partager entre eux la tension totale, de façon à obtenir pour chacun d'eux la vitesse voulue. Il suffit alors d'ajouter au groupe électrogène une petite compensatrice pour parer aux légers déséquilibres qui peuvent survenir entre les divers circuits. En partageant par exemple la tension totale en trois fractions, on obtient six combinaisons. La figure 3 représente une application de ce système.

Une autre méthode consiste à alimenter un seulement des ponts par la génératrice principale et les autres au moyen d'un groupe moteur-génératrice. Dans ce cas, la tension de la génératrice principale n'est pas la tension maxima de la distribution, mais celle d'un des ponts. La figure 4 en donne un exemple, où la génératrice du groupe auxiliaire est munie d'un induit à deux collecteurs.

Les avantages de ce système de régulation, par rapport à celui qui consiste à faire varier l'excitation, sont nettement mis en lumière par M. W. Cooper dans l'article déjà cité paru dans *Cassier's Magazine* (février 1904). Sur le diagramme de la

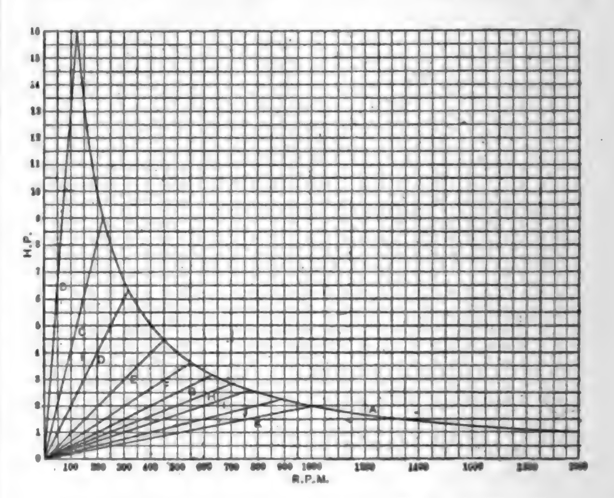


Fig. 6. — Diagramme des variations de puissance et de vitesse angulaire.

figure 6, les variations de vitesse et de puissance dues à la variation du flux inducteur sont représentées par la courbe A, tandis que les variations de vitesse et de puissance produites par les variations de la tension aux balais sont représentées par les lignes B, C, D, ... D'après ce diagramme, on peut déterminer la puissance minima qu'il faudra donner au moteur dans chaque cas proposé, soit qu'on emploie uniquement le réglage par l'excitation, ou le réglage de la tension combiné avec celui de l'excitation, ou le réglage de la tension seul.

Reprenons l'exemple déjà cité d'une machine-outil devant absorber une puissance constante de 1 cheval, la vitesse pouvant varier dans le rapport de 4 à 1, soit de 2000 à 500 tours par minute. Cela

peut s'obtenir de deux manières : ou bien l'on se servira seulement de la variation du champ et dans ce cas il faudra, comme on l'a vu plus haut, un moteur développant 4 chevaux à la vitesse de 500 tours par minute avec champ normal; ou bien, si l'on dispose de deux tensions dont l'une est double de l'autre, on peut employer un moteur développant 2 chevaux à 1000 tours avec champ normal sous la tension totale, c'est-à-dire de dimensions quatre fois moins grandes que le précédent; on augmentera sa vitesse jusqu'à 2000 tours par réduction du champ. Pour marcher à 500 tours, on l'alimentera à la tension la plus faible.

Dans ce cas, lorsqu'on réduit la vitesse par réduction de la tension, la puissance du moteur décroît suivant la courbe K de la figure 6, de sorte qu'à 500 tours cette puissance est de 1 cheval. Elle est aussi de 1 cheval à 2000 tours lorsqu'on procède par réduction du champ, comme l'indique la courbe A de la figure. On voit d'après ces courbes que, si l'on dispose de deux tensions dont l'une est le double de l'autre et si l'on se sert en même temps de la variation du champ, le rapport de 4 à 1 est le plus grand qu'on puisse réaliser entre les vitesses extrêmes, le moteur travaillant à sa limite d'utilisation à la plus faible et à la plus grande vitesse.

Si l'on veut avoir, dans ces conditions, une plus grande étendue de variation de vitesse, il faut employer un moteur de plus grandes dimensions. Supposons qu'on exige une vitesse pouvant varier dans le rapport de 5 à 1, alors qu'on ne dispose que de deux tensions, l'une double de l'autre. Le moteur, comme précédemment, doit pouvoir développer 1 cheval à tous les régimes. Si la vitesse maxima est de 2000 tours par minute, la vitesse minima sera 400 tours. Si, à la tension la plus faible, la vitesse est de 400 tours, elle sera de 800 tours sous la tension la plus forte. Le moteur devra alors développer 2,5 chevaux à 800 tours avec pleine excitation : c'est ce qu'indique le point de rencontre de la courbe A et de l'ordonnée correspondant à 800 tours. La puissance décroissant proportionnellement à la vitesse lorsqu'on abaisse la tension d'alimentation, la puissance de ce moteur sera de 1,25 cheval, à 400 tours, c'est-à-dire un peu supérieure à la puissance exigée. Ce moteur aura donc les mêmes dimensions qu'un moteur qui devrait développer 3,1 chevaux à 1000 tours, c'est-à-dire que ses dimensions dépasseront de plus de 50 pour 100 celles d'un moteur devant faire le même travail avec une variation de vitesse de 4 à 1 seulement.

Il suit de là qu'à puissance constante, un moteur, dont on fait varier la vitesse par changement de la tension aux balais, l'excitation restant constante, aura des dimensions proportionnelles à l'étendue de sa variation de vitesse, tandis qu'un moteur, dont on fait varier la vitesse par changement de l'excitation, aura des dimensions proportionnelles au carré de sa variation de vitesse. Cela suffit à montrer la supériorité du système de la variation de tension.

Il y a des cas où le moteur doit pouvoir développer un couple très supérieur à son couple normal pendant un temps extrêmement court, et cela à intervalles fréquents. On soulage alors le moteur lui-même, les canalisations et le matériel électrogène, en adaptant un volant soit au moteur, soit à la machine qu'il actionne; mais il faut pour cela que la vitesse du moteur varie d'elle-même avec la charge, ce qui n'est pas le cas pour un moteur shunt. On emploiera donc dans ce cas un moteur compound (à enroulement série agissant dans le même sens que l'enroulement shunt); la vitesse d'un tel moteur diminue suffisamment, au moment des fortes surcharges, pour qu'il y ait intérêt à le munir d'un volant.

Moteurs a courant alternatif. — Les moteurs asynchrones polyphasés sont, dans cette catégorie, à peu près les seuls qui conviennent à la commande des machines-outils. Ils ont sur les moteurs à courant continu l'avantage d'une construction plus robuste et de l'absence de collecteur. Les moteurs à cage d'écureuils sont précieux pour les locaux où l'incendie est à craindre, là surtout où l'atmosphère est inflammable, mais leur courant de démarrage devient exagéré au delà d'une faible puissance.

L'inconvénient des moteurs polyphasés est qu'on ne peut pas en faire varier facilement la vitesse. Lorsque le rotor est à enroulements, on peut y introduire une résistance extérieure, comme pour le démarrage, ce qui diminue la vitesse, mais aussi le rendement. On peut aussi changer le nombre des pôles actifs du stator.

T. Pausert.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : Ellison. BF. 381364, 29 août 1907 (dispositif destiné à la protection des moteurs d'induction). — Felten et Guilleaume Lahmeyerwerke. BF. 380662, 9 août 1907 (moteur à répulsion interverti). — General Electric Cy. BP. 27303, 1906 (perfectionnements aux moteurs électriques). — Pieper (H.) et Pieper (E.). USAP. 868806, 25 nov. 1905 (moteur). — Société alsacienne de Constructions mécaniques. BF. 380454, 2 août 1907 (système perfectionné d'alimentation des moteurs électriques auxiliaires nécessaires au perfectionnement normal des génératrices à haute tension); 380668, 9 août 1907 (perfectionnements dans les moteurs asynchrones à courants alternatifs). — Thomson-Houston Cy (British) et Sporborg. BP. 25203, 1906 (moteur électrique).

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Électrification par le New-York Central and Hudson River Railroad de la ligne d'Utica à Syracuse (West Shore Railroad). — Les deux villes importantes d'Utica (53000 habitants) et de Syracuse

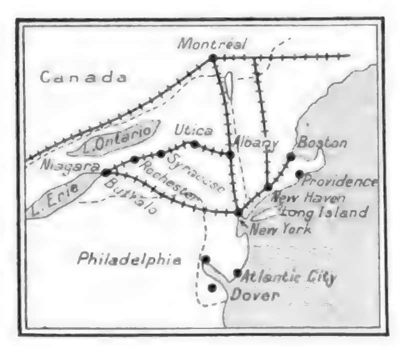


Fig. 1.

(100000 habitants) dans l'État de New-York, situées à 70^{km} de distance à vol d'oiseau, près du lac d'Oneida, et non loin du lac Ontario, entre Albany et Buffalo (*fig.* 1), se trouvent depuis longtemps sur le trajet d'une ligne du New-York Central Railroad (*fig.* 2) passant par Rome (17 000 habitants); mais cette grande ligne à deux voies, de New-York à Buffalo par Albany, n'était parcourue que par deux trains à vapeur quotidiens dans chaque sens; les relations entre ces deux villes étaient donc peu commodes. D'autre part, une ligne directe à deux voies (marquée en gros trait noir sur le plan de la figure 2), a été établie il y a quelques années entre ces deux villes par la Société spéciale du West Shore Railroad, en vue surtout du trafic des marchandises, auquel s'ajoutaient seulement quelques trains de voyageurs. La grande Compagnie du New-York Central Railroad ayant appris que le syndicat puissant Andrew-Stanley, déjà possesseur de plusieurs lignes électriques interurbaines de la région, était sur le point d'électrifier la ligne directe de Syracuse et d'Utica du West Shore Railroad et de créer ensuite sur cette ligne un service intensif qui lui ferait une concurrence sérieuse, jugea plus politique d'acquérir la ligne du West Shore et d'en faire elle-même l'électrification, afin de pouvoir répartir à son gré entre la ligne directe et la ligne indirecte, de la manière qu'elle jugerait la plus pratique pour elle, le trafic des marchandises et des voyageurs entre Syracuse et Utica. D'Utica part déjà une ligne interurbaine électrique allant à Rome, qui côtoie la ligne à vapeur du New-

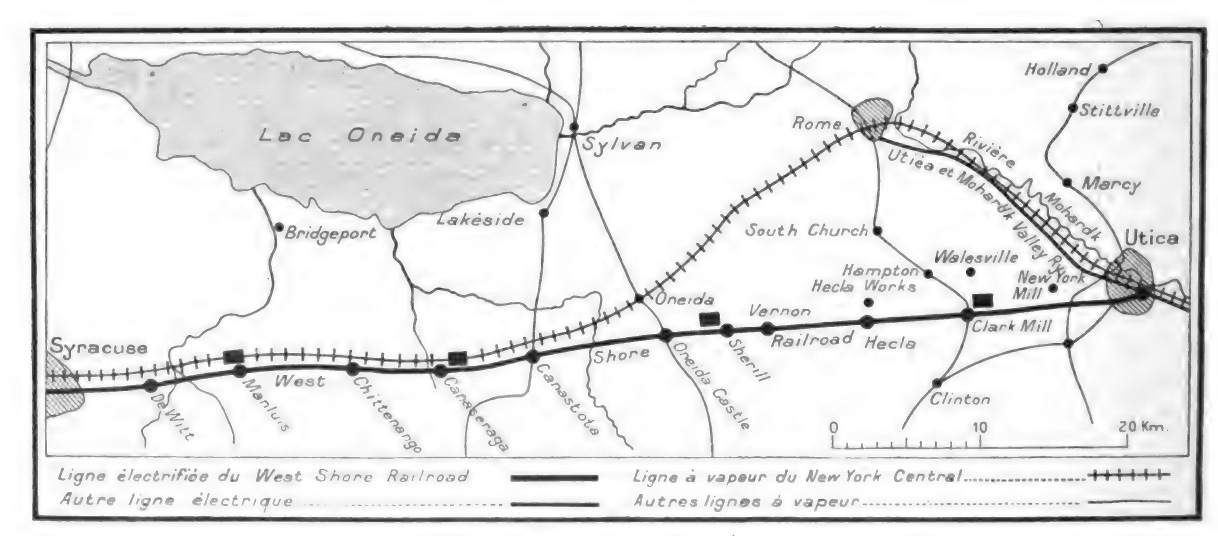


Fig. 2.

York Central et qui appartient à la Compagnie Utica and Mohardk Valley Ry.

Le travail, commencé à la fin de 1905, a été achevé le 15 juin 1907. Il a été entrepris de manière à organiser le service suivant :

1° Faire circuler toutes les heures, entre Syracuse et Utica, des trains rapides électriques ne s'arrêtant qu'en deux points intermédiaires de la ligne et effectuant le trajet entre les deux cités en 1 heure (soit à la vitesse de 70^{km} à l'heure), mais s'arrêtant aux deux terminus en divers points de la ville et de la banlieue, ce qui prend 28 minutes, soit 1 heure 28 minutes pour le trajet complet. 2° Lancer toutes les heures des trains omnibus s'arrêtant presque à tous les croisements de routes, tout

le long du parcours, effectué au total en 1 heure 58 minutes. 3° Faire circuler certains trains à vapeur de voyageurs de la grande ligne d'Albany à Buffalo et des trains à vapeur à marchandises. Pour permettre aux trains omnibus de laisser passer les trains rapides, une troisième voie servant d'évitement a été établie sur $13^{km},6$ entre Clark Mill et Vernon; on a installé également une voie supplémentaire de $8^{km},8$ entre Oneida Castle et Canastota pour le garage des trains de marchandises ou la prise d'eau des locomotives à vapeur circulant sur la ligne. Tous les rails des anciennes voies ont d'ailleurs été remplacés par d'autres plus forts.

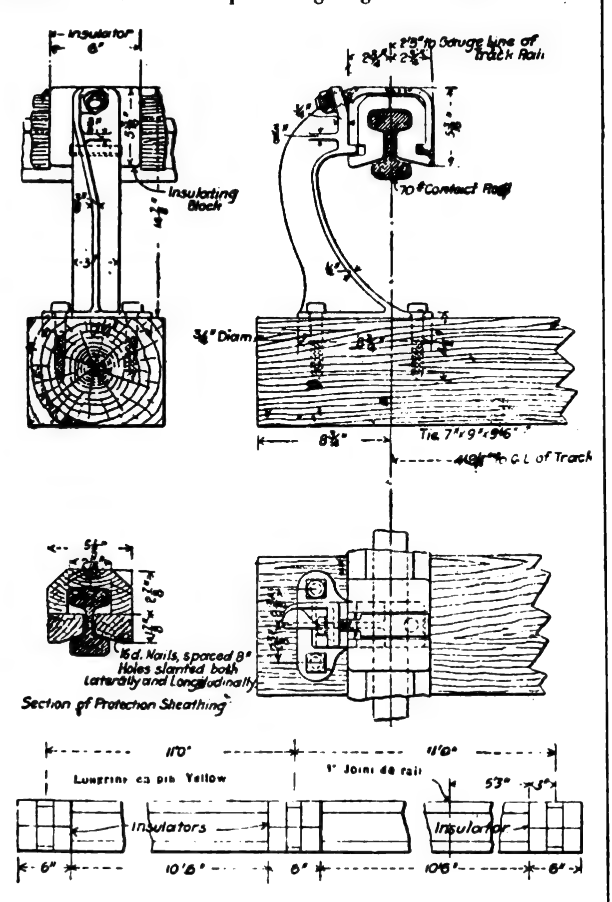


Fig. 3, 4, 5, 6 et 7. — Détails de montage du 3e rail.

Insulator = Isolateur. — Insulating block = bloc isolant. 2'5" to gauge line of track rail = $0^m,725$ à l'axe du rail de roulement. — 4'90"¼ to C. L. of track = $1^m,431$ à l'axe de la voie. — Contact Rail = rail conducteur.

La figure 6 représente le dispositif protecteur dans la partie de 10'5" ($3^m,15$) de la figure 7 comprise entre deux isolateurs (Insulators).

La ligne a été équipée avec un troisième rail renversé exactement semblable à celui déjà employé par la Compagnie du New-York Central Railroad sur ses lignes de la banlieue de New-York. Nous reproduisons sur les figures 3 à 7 la coupe de la voie. Les isolateurs en deux parties symétriques par rapport à l'axe du rail sont en une sorte de porcelaine vitrifiée dénommée *semi-porcelaine*. Les figures 5 et 7 représentent les protecteurs du troisième rail installés sur la plus grande partie de la ligne et constitués par deux pièces de pin jaune vissées ensemble de manière à constituer une gouttière renversée embrassant le haut et les flancs du rail. Sur la portion de la ligne, comprise entre New-York Mill et Clark Mill, on a fait usage de protecteurs en

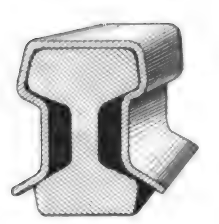


Fig. 8.

fibre moulés d'une seule pièce (*fig.* 8) et qui peuvent néanmoins, par leur élasticité, coiffer le rail; ce dispositif, qui avait été essayé au New-York Central et y avait donné d'excellents résultats (dépense moindre et durée plus grande qu'avec des protecteurs en bois), aurait été employé sur une plus grande partie de la ligne si l'on avait pu obtenir la livraison en temps voulu d'une plus grande quantité de pièces.

L'énergie électrique est achetée à l'Hudson River Electric power Cy qui doit établir prochainement une ligne triphasée à 60000 volts pour desservir Utica par l'une de ses deux usines centrales hydrauliques de Spiers Falls et de Mechanicsville. En attendant, cette Société a édifié à Utica une station provisoire avec groupes turbo-électriques à vapeur produisant des courants triphasés à 60000 volts et 40 périodes dont une portion est utilisée dans la ville tandis que le reste est envoyé, par une ligne aérienne à haute tension bordant les voies du West Shore Railroad, à quatre sous-stations alimentant cette ligne et situées (*fig.* 2) à Clark Mill, à Sherill, Canaseraga et à Manlius. Ces sous-stations, établies à la manière habituelle, contiennent des transformateurs statiques réduisant la tension triphasée à 370 volts et des commutatrices délivrant du courant continu à 600 volts.

Les trains comprendront des voitures de remorque et des voitures automotrices à quatre moteurs et seront commandés par le système à unités multiples Sprague General Electric Cy. Ces voitures à bogies sont de construction générale analogue à celles du New-York Central, mais leur aménagement intérieur se rapproche plus du type tramway que du type grande ligne, parce que dans les deux bouts de la ligne elles feront un service urbain.

Sur l'alimentation des chemins de fer interurbains par courant continu et alternatif à hautes tensions, par W.-J. DAVIS (*Proceedings of the american Institute of Electrical Engineers*, t. XXVI, août 1907, p. 1353-1359). — L'auteur divise les procédés employés en trois classes à savoir :

1° 600 volts courant continu à trôlet aérien ou à troisième rail;

2° 1200 volts courant continu à trôlet aérien;

3° 3300-6600 volts courants alternatifs monophasés à trôlet aérien.

Les appareils utilisés pour le système à 1200 volts courant continu ont été construits par une seule Compagnie, et les lignes signalées dans le Tableau ci-dessous sont celles dont elle a équipé les voitures dans le cours de la dernière année.

L'énorme installation entreprise cette dernière année était celle de la West Jersey and Seashore Railroad, comprenant un équipement pour 145 miles de voie unique avec 35600 chevaux de moteurs. Le temps demandé pour terminer la ligne étant limité, il fut impossible de fournir des appareils d'un type spécial; on fut donc obligé de n'employer que le 600 volts. C'est pour cette raison que l'équipement de cette ligne n'est pas compris dans ce Tableau.

	LONGUEUR de la voie en miles.	NOMBRE de voitures.	PUISSANCE des voitures en chevaux.	PUISSANCE totale des moteurs en chevaux.
600 volts *courant continu.*				
Texas Traction C°	63	15	475	4500
Elmira, Corning and Waverly	15	7	460	1680
Buffalo, Lockport and Rochester	70	19	475	5700
Oregon Railway	40	8	475	2400
	188	49		14280
1200 volts *courant continu.*				
Central California Traction C°	16	6	475	1800
Pittsburg, Harmony, New-Castle and Butler	63	12	»	3600
Indianapolis et Louisville	41	10	»	3000
Indianapolis, Colombus and Southern		3	»	900
San Jose et Santa Clara	9	8	»	2000
	129	39		11700
3300 ou 6600 volts *monophasé.*				
Washington, Baltimore et Annapolis	52	25	4125 2125	11500
Central Illinois Const. C°	40	10	475	3000
Anderson (S. C.) Railway	35	3	475	900
Richmond et Chesapeake Bay	15	4	4125	2000
	142	42		17400

La puissance totale en chevaux des moteurs vendus s'élève à 43380, dont :

33 pour 100 pour les moteurs à 600 volts courant continu,

27 pour 100 pour les moteurs à 1200 volts courant continu,

40 pour 100 pour les moteurs monophasés.

Il est intéressant de constater que l'effort des constructeurs s'est porté sur l'économie que procure l'emploi de la haute tension, vu la diminution des prix d'installation et de construction avec le cuivre. Mais si l'on diminue ceux-ci, on augmente par contre celui de l'équipement des voitures. Or, dans les services suburbains, près des villes, où le trafic est fort, où l'on a besoin de deux à quatre voies, l'emploi des moteurs à 600 volts revient moins cher vu leurs prix peu élevés.

Mais chaque système est matière à discussion; on comprendra aisément que :

Les tramways devront fonctionner sous 600 volts à courant continu;

Les lignes suburbaines, ayant une longueur de 10 à 15 miles, marcheront aussi sous 600 volts continu.

Pour les trains interurbains marchant à une vitesse de 40 miles à l'heure :

a. Le système à 600 volts continu donne plus de confiance car il est plus répandu;

b. Le système à 1200 volts continu est meilleur marché, mais n'est pas employé suffisamment;

c. Le système à courants alternatifs monophasés est bien plus économique que les précédents, et il a été développé suffisamment pour donner complète satisfaction si l'on sait l'adapter au service demandé.

Il y a certaines conditions qui rendent l'emploi des moteurs à courants alternatifs trop onéreux et impraticable; ce sont : l'emploi exagéré d'une fréquence supérieure à 30 périodes par seconde; la présence de rampes dépassant 8 pour 100 et, si l'on se sert du triphasé, la nécessité d'avoir des phases équilibrées. Dans ces conditions, l'emploi du 600-1200 volts continu est plus économique; mais on doit donner la préférence au premier, quoique le prix de l'installation soit plus cher.

Les équipements pour le système à courants alternatifs monophasés et le 1200 volts continu peuvent être employés simultanément sur le type à 600 volts.

Il est intéressant de comparer l'économie des trois systèmes en éliminant les éléments qui ont la même valeur dans chacun. La comparaison est basée sur un prix du charbon de 3 dollars (15^{fr}) la tonne; la consommation étant de 3,5 livres (1^{kg},6) par kilowatt-heure; l'entretien des sous-stations à 1750 dollars par an; l'entretien et l'équipement des voitures à :

0^{fr},20 par mile pour le 600 volts continu
0^{fr},25 » » 1200 »
0^{fr},30 » » courant alternatif,

les charges étant cotées à 10,5 pour 100.

Les prix comparatifs par mile, voie unique, sont donnés dans le Tableau I.

Les frais d'exploitation par mile et par an sont, pour 64 voitures-miles par jour, de 275 kw:h à l'usine lorsque l'alimentation se fait par courant continu à 600 ou à 1200 volts, et de 245 kw:h quand on utilise les courants alternatifs à 6600 volts (Tableau II).

Une autre méthode de comparaison consiste à compter l'économie annuelle, sans tenir compte des charges. En

se basant sur 15 ans comme durée moyenne de l'équipement et des travaux de construction, la valeur de l'économie annuelle, en comptant les dépenses de la voie par mile à 5 pour 100, sera

Pour le 1200 volts courant continu.... 7,5 pour 100
Pour le 6600 volts courant alternatif.. 16 »

Tableau I.

	COURANTS		
	continu : 600 volts.	continu : 1200 volts.	alternatif : 6600 volts.
	dollars	dollars	dollars
Voie complète, y compris le nivellement et le ballast........	15000	15000	15000
Installation du trôlet et du feeder........................	3800	3000	2100
Joints........................	600	530	480
Ligne de transmission..........	1500	1500	1300
Sous-stations.................	2200	1600	600
Station centrale...............	2450	2450	2570
Voitures, équipement..........	1800	1970	2300
Téléphone....................	120	120	120
TOTAL.............	27470	26170	24470
Économie au-dessus de 600 volts.	»	1300	3000

Tableau II.

PAR MILE DE VOIE. (1 heure de parcours.)	COURANTS		
	continu : 600 volts.	continu : 1200 volts.	alternatif : 6600 volts.
	dollars	dollars	dollars
Coût du charbon par année....	470	470	419
Coût de l'entretien de la sous-station....................	175	79	46
Coût de l'entretien des moteurs et contrôle..................	94	117	140
TOTAL.............	739	366	605
Économie au-dessus de 600 volts en défalquant les charges fixes.	»	73	134
En les comptant..............	»	137	315
Économie totale annuelle......	»	210	449

Cette comparaison se rapporte à un chemin de fer interurbain dont les constantes sont :

Longueur de la voie : 50 miles ou plus.
Voitures : 52 pieds, 21 tonnes sans équipement;
Nombre de passagers : 56.
Équipement des voitures : 4 moteurs de 75 chevaux.
Vitesse maxima en palier : 45 miles à l'heure.
Vitesse prévue : 24 miles par heure, en comptant les arrêts et les ralentissements à travers les villes.
Nombre d'arrêts : un par 2 miles.
Énergie prise par la voiture : 85 watts-heures par tonne et par mile.

Comme le système à 1200 volts continu est en passe de développement, quelques mots sur les installations actuelles présenteront quelque intérêt. Les lignes actuellement équipées peuvent se diviser en trois, savoir :

1° Celles devant fonctionner à pleine vitesse, sous 600 volts continu, aussi bien que sur les sections à 1200 volts;

2° Celles fonctionnant sous 600 volts continu à vitesse environ moitié moindre;

3° Celles fonctionnant uniquement sous 1200 volts continu avec trôlet.

Dans la première classe on emploiera des moteurs bobinés pour 600 volts, mais prévus pour supporter une tension de 1200 volts sans détérioration d'isolants. Les moteurs sont couplés par quatre en parallèle pour le fonctionnement sous 600 volts et en série parallèle par deux sous 1200 volts. Dans la deuxième ou troisième classe les moteurs devront être bobinés pour fonctionner, soit sous 600 volts, soit sous 1200 volts, la préférence étant donnée à la tension de 1200 volts, le couple de traction étant plus grand aux roues.

Pour obtenir une bonne commutation et éviter des arcs au collecteur, avec les hauts voltages, tous les moteurs fonctionnant sous 1200 volts seront munis d'un enroulement compensateur, type série, logé entre les pôles magnétisants, et calculés pour annuler la réaction d'induit à toutes les charges.

Il n'est point besoin de signaler que l'isolement additionnel des moteurs augmente leurs poids; le chiffre constaté est supérieur de 15 à 20 pour 100 de ceux des moteurs de 600 volts.

Le système de commande est le même que celui employé pour le 600 volts, avec cette différence que les circuits principaux ont subi de légères modifications. Les circuits secondaires sont alimentés sous 600 volts (chaufferettes, lumières, signaux). Pour cette cause, un dynamo-moteur fonctionnant sous 1200 volts, du côté moteur, fournit le 600 volts pour ces circuits secondaires. F.-H. CINGET.

TRAMWAYS.

Prix d'établissement comparatifs des systèmes à contact superficiel et à trôlet aérien (*Tramway and Railway World*, t. XXII, 7 nov. 1907, p. 418). — D'après un rapport de MM. H. Shaw et S. Shaw relatif à la construction de lignes de tramways à Ilford, les prix d'établissement, suivant le système adopté, seraient :

	Lignes		Supplément	
	1 et 1 A.	2.	par voiture.	pour poteaux.
Système G. I...	218433fr	175115fr	2450fr	»
Syst. Robrow..	225000	186250	750	»
Syst. Dolter....	232475	188075	2850	»
Trôlet aérien...	187400	157500	»	23750fr

Notre confrère anglais n'indique pas les longueurs des lignes dont il s'agit; aussi, ces chiffres n'ont-ils qu'une valeur comparative.

11...



APPLICATIONS THERMIQUES.

CHAUFFAGE INDUSTRIEL.

Sur la production des hautes températures par chauffage électrique progressif des oxydes, par B. SAKLATWALLA (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XIII, 30 août 1907, p. 589). — Les différents modes de chauffage ordinairement employés ne conviennent pas toujours à cause des gaz qu'ils produisent dans le four. C'est le cas du chalumeau à gaz tonnant, de l'arc électrique et des fours à résistance de charbon, kryptol ou autres matières semblables. Quant aux résistances métalliques en platine, iridium ou leur alliage, elles sont chères, fondent aux températures trop élevées et se détruisent facilement.

L'auteur a cherché à réaliser un four à résistance composée d'un certain nombre d'oxydes métalliques dont la conductibilité croît avec la température. Le chauffage est progressif, le courant passant d'abord dans l'oxyde le plus conducteur à basse température.

Afin de rechercher les oxydes les plus convenables, on a procédé d'abord à la détermination de la variation de résistance électrique en fonction de la température pour un certain nombre d'oxydes. L'oxyde à essayer était, à cet effet, comprimé aussi fort que possible dans un creuset de porcelaine jusqu'à une hauteur déterminée. Dans la masse, on introduisait deux fils de platine de 1mm de diamètre, écartés de 1cm et allant jusqu'au fond du creuset. Le tout était chauffé dans un four Heraeus à résistance de platine jusqu'à la température de 1100° et l'on mesurait la résistance de la couche d'oxyde à l'aide du pont de Kohlrausch. Le Tableau ci-dessus ainsi que les courbes de la figure 1 indiquent les résultats obtenus.

TEMPÉRATURES en degrés C.	RÉSISTANCES EN OHMS								
	Cr^2O^3.	Fe^3O^4.	SnO^2.	NiO.	CaO.	Al^2O^3.	SiO^2.	MgO.	ZrO.
ambiante	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
400	6000	11750	900	3000	»	»	»	»	»
450	2450	4300	400	1150	»	»	»	»	»
500	1250	2450	235	490	»	»	»	»	»
550	1000	1450	125	400	»	»	»	»	»
600	850	1200	68	330	»	»	»	»	»
650	1175	845	56	240	»	»	»	»	»
700	1010	710	47	195	»	»	»	»	»
750	950	510	42	121	»	»	»	»	»
800	690	357	37	220	»	»	»	»	»
850	668	290	32	280	»	»	»	»	»
900	520	210	28	190	»	»	»	»	»
950	395	162	25,5	81	»	»	»	»	»
1000	345	127	24	115	»	»	»	»	»
1050	335	117	23	93	»	»	»	»	»
1100	330	105	22,25	45	»	»	»	»	»

Ce Tableau ainsi que les courbes montrent que c'est l'oxyde d'étain qui est le plus approprié car, non seulement il est infusible, mais encore il devient conducteur à une température relativement basse et sa résistance diminue peu et régulièrement au-dessus de 600°. Il ne donne donc pas lieu comme le charbon à une consommation très rapidement croissante de courant aux hautes températures.

Pour les oxydes qui ne deviennent pas conducteurs à 1100° C., on remplaça le creuset de porcelaine par un creuset en magnésie, les fils de platine par des baguettes de charbon. En chauffant à la plus haute température possible à obtenir au chalumeau, on trouva les résistances suivantes :

CaO	550 ohms
Al^2O^3	650 »
SiO^2	590 »
MgO	600 »
ZrO	580 »

Comme ces oxydes ne présentent pas de différence appréciable, on a choisi la magnésie qui est le plus infusible pour les températures les plus élevées. Afin de déterminer la température à laquelle la magnésie devient conductrice, on mesura la baisse de résistance d'un filament de magnésie de 5mm de longueur et de 1mm,22 de diamètre chauffé dans un four à résistance en tube de



charbon, les températures étant mesurées à l'aide du pyromètre Wanner. On obtint les résultats suivants :

Températures en degrés C.	Déviation au galvanomètre.
1149	très faible
1259	0,1 division
1340	0,5 »
1431	1,5 »
1682	20 divisions

La magnésie doit donc être portée au moins à 1500° pour servir de résistance de chauffage. Il fallait donc voir comment se comporte l'oxyde d'étain à cette température.

Au-dessous de 1500°, cet oxyde est peu volatil; au-dessus de 1500°, sa tension de vapeur croît très rapidement et il prend, après un long temps, la forme cristalline. Mais il se comporte bien lorsqu'il ne reste que peu de temps à une température peu supérieure à 1500°, ce qui suffit pour le chauffage de la magnésie. Comme récipient de l'oxyde d'étain on peut employer avantageusement le quartz.

Pour la mise en marche du four, on envoie le courant dans un circuit en fil de nickel. Entre deux tubes concentriques de quartz avec conducteurs en platine en forme d'anneaux on comprime fortement l'oxyde d'étain. Le fil de nickel est enroulé autour du tube de quartz extérieur. Ce fil est protégé contre l'oxydation par une couche de kieselguhr et un tube réfractaire (Chamotte).

Avec ces deux modes successifs de chauffage, on peut déjà obtenir une température élevée (jusqu'à 1725° C.), régulière et parfaitement réglable. Dans le tube intérieur en quartz on dispose le troisième degré de chauffage. Celui-ci est constitué par un tube de magnésie avec deux conducteurs en platine-iridium. La température que l'on peut atteindre alors n'est limitée que par le point de fusion des conducteurs.

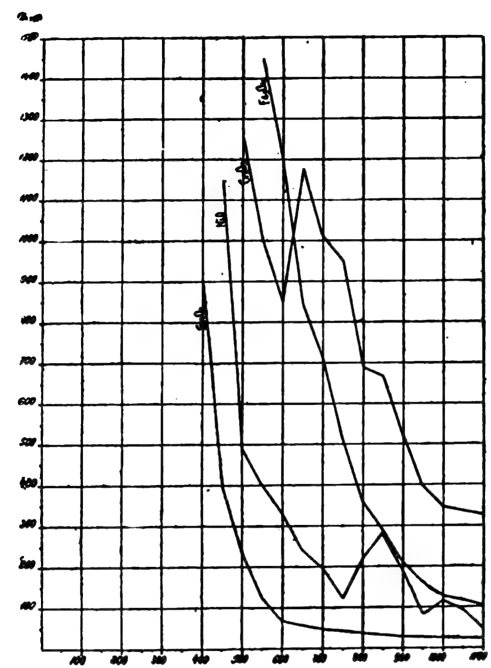


Fig. 1. — Courbes de la variation de résistance de quelques oxydes en fonction de la température.

Le tube de quartz étant hermétique, les vapeurs d'oxyde d'étain n'ayant pas d'issue peuvent former dans la masse des poches qui interrompent le courant. En

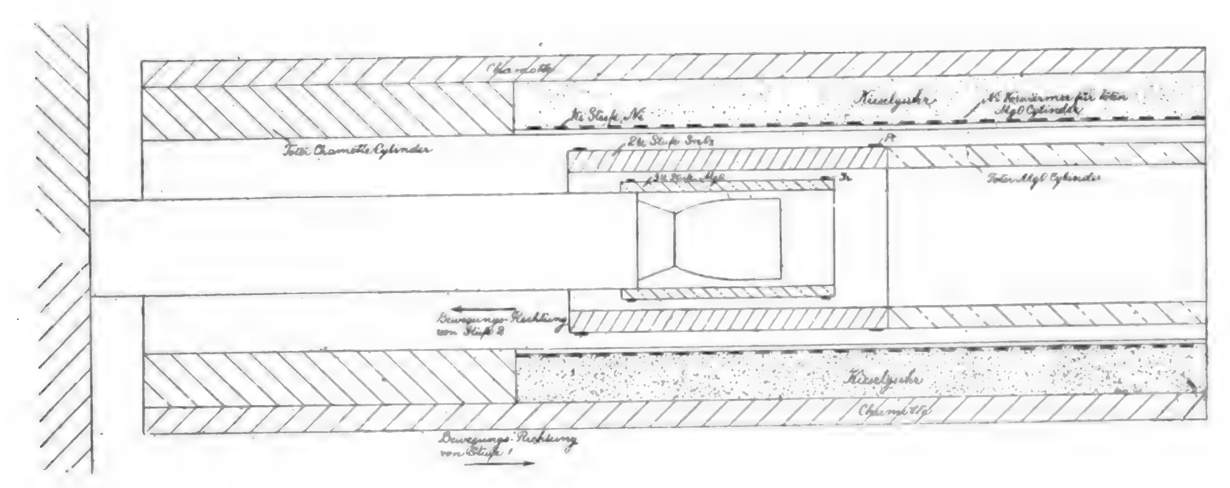


Fig. 2. — Coupe d'un four à chauffage progressif.

constituant un cylindre en oxyde d'étain chauffé et comprimé on éviterait cet inconvénient tout en supprimant le cylindre en quartz. La figure 2 représente schématiquement un modèle du four décrit et disposé de telle sorte que, lorsqu'on passe d'un degré de chauffage à un suivant, on remplace le mode précédent de chauffage par un simple cylindre réfractaire (Toter Chamotte Cylinder) ou un simple cylindre en magnésie (Toter Mg O Cylinder). Les flèches indiquent dans quel sens (Bewegungs-Richtung) se fait le déplacement lorsqu'on passe du premier degré (Stufe 1) au second ou du second au troisième. L. J.



ALLUMAGE DES MOTEURS.

La magnéto est-elle préférable à l'accumulateur pour l'allumage des moteurs à explosion? par E. LEIMER (*Centralblatt für Accumulatoren*, t. VIII, 20 juillet 1907, p. 109). — La puissance du moteur à explosion dépend de la vitesse d'explosion du mélange gazeux. La composition de ce mélange, le degré de compression et le genre et la durée de l'allumage influent sur le succès de l'inflammation. Le nombre d'étincelles, l'intensité et la tension du courant jouent aussi un rôle important.

Pour un mauvais mélange ou pour une moindre vitesse de compression, il est nécessaire d'employer une étincelle beaucoup plus chaude. D'autre part, comme la résistance électrique du mélange gazeux croît avec la pression, il faut accroître également la tension électrique.

La magnéto donne un courant de haute tension qui dépend, en outre des dimensions de celle-ci, de la vitesse de l'induit et de la vitesse d'interruption. Lorsque la vitesse du moteur diminue, ces deux derniers facteurs diminuent en même temps et il y a abaissement de la tension et de l'intensité du courant de haute tension.

C'est pour cette raison que la mise en route d'un moteur à allumage par magnéto est très difficile et souvent même impossible, car il n'est pas possible de faire tourner le moteur suffisamment vite à la main. De plus, qu'il s'agisse d'une magnéto à haute ou à basse tension, il n'y a production que d'une étincelle et l'avance à l'allumage est très difficilement réglable.

L'étincelle de la magnéto à haute tension ne dépasse pas en général une longueur de 5^{mm} à 6^{mm} dans l'air libre. Ceci n'est suffisant que pour une compression moyenne (6 à 8 kg : cm^2). Sa finesse et sa couleur bleu pâle expliquent qu'elle ne donne qu'une faible chaleur d'allumage et qu'elle n'assure l'allumage certain que des mélanges gazeux péniblement dosés.

Pour éviter ces inconvénients, les constructeurs d'automobiles prévoyants disposent à côté de la magnéto à haute tension une réserve consistant en une bobine d'allumage et un accumulateur qui assurent l'allumage à la mise en route et en cas d'avarie à la magnéto.

La magnéto à basse tension allume par étincelle d'extra-courant dont l'intensité est beaucoup plus grande que celle de la magnéto à haute tension. Malheureusement la magnéto à basse tension ne peut être employée que pour les moteurs à vitesse relativement lente (moteurs stationnaires) et l'entretien d'un bon contact du rupteur qui se trouve dans la chambre à explosion présente souvent des difficultés qui ne se présentent pas avec la bougie d'allumage facilement démontable.

La magnéto est un appareil très délicat et qui donne lieu à de fréquentes réparations. Même dans les magnétos les plus chères on ne peut éviter l'affaiblissement de l'aimantation des aimants.

Il ne faut pas compter sur un parcours supérieur à 12000^{km} à 15000^{km} sans réparations de la magnéto. Et ces réparations ne peuvent pas être faites par le chauffeur. Seul un spécialiste, le fabricant, peut trouver les défauts et y remédier. Enfin la magnéto est chère, compliquée, encombrante et lourde.

Tous ces inconvénients n'existent pas lorsqu'on emploie la bobine d'allumage avec accumulateurs. Par suite du grand nombre d'étincelles produites et de leur épaisseur, l'explosion est plus complète et plus rapide. Il en résulte une augmentation de puissance qui peut atteindre jusque 15 pour 100.

Par le réglage de l'interrupteur et par une variation de la tension primaire, on peut faire varier dans de très grandes limites le nombre d'étincelles, l'intensité et la tension. Le courant d'étincelles est indépendant de la vitesse du moteur.

Indépendamment de son faible prix, de son poids et de son encombrement peu élevés, le groupe bobine-accumulateurs permet l'emploi d'une réserve d'accumulateurs chargés et même d'une seconde bobine. Il est extrêmement rare qu'une bobine ait besoin de réparations et le remplacement des éléments déchargés se fait très rapidement et très simplement.

Le seul point délicat est le choix convenable de l'accumulateur.

Pourquoi l'accumulateur est-il tombé en discrédit dans l'allumage? par E. LEIMER (*Centralblatt für Accumulatoren*, t. VIII, 20 août 1907, p. 133). — Si la magnéto a pu faire concurrence à la bobine et à l'accumulateur, c'est que ce dernier présente un certain nombre de défauts, défauts auxquels il est d'ailleurs facile de remédier. L'auteur a observé les défauts suivants :

1° Les bacs de celluloïd pour éléments de 4 volts comportent souvent 9 pièces collées alors qu'il conviendrait de faire aussi peu de soudures que possible et d'employer des bacs en celluloïd recourbé. Le plus souvent, on utilise aussi un celluloïd verdâtre ou jaune brun et, pour économiser la matière, on donne à celui-ci une épaisseur beaucoup trop faible.

2° Les bornes métalliques, et en particulier les positives, s'oxydent et il devient impossible au chauffeur de desserrer les bornes, même avec une pince à gaz, sans risquer de casser celles-ci et même les queues des plaques.

3° Il arrive souvent que la plaque positive s'élargit de telle sorte qu'il devient impossible de la sortir du bac de celluloïd sans casser celui-ci.

4° Certains constructeurs commettent la faute de serrer solidement dans toute sa hauteur la plaque positive contre les parois du bac. Après très peu de charges, la plaque force sur les parois et la cloison qui sépare les deux éléments ne tarde pas à se fissurer, ce qui met en court-circuit les positives d'un élément et les négatives de l'autre. Si les fissures ne sont pas grandes, l'élément peut se charger, mais il se décharge seul rapidement (en 8 jours au plus).

5° La suspension des plaques ou leur montage sur tasseaux sont insuffisants.

6° Plusieurs systèmes utilisent des plaques doubles comme électrodes. Les deux demi-plaques, de 2^{mm} à $2^{mm},5$ d'épaisseur, sont empâtées séparément puis rivées et disposées sur deux étroits tasseaux. Après un court fonctionnement, les deux moitiés s'écartent et, venant



en contact avec les plaques voisines, mettent l'élément en court-circuit.

Les conséquences de ces défauts de construction sont les suivantes :

Les plaques, en se déplaçant sous l'influence des secousses, provoquent un élargissement du trou de passage des queues dans les bouchons de caoutchouc. La fermeture n'étant plus étanche, l'acide traverse le couvercle en ces points et vient souiller l'élément et causer des dérivations de courant. Il faut donc soigneusement entretenir le couvercle à l'état sec et rejeter les éléments insuffisamment étanches.

Si les deux éléments sont reliés par un pont métallique, celui-ci se rompt à l'endroit le plus faible par suite des mouvements inégaux des plaques positives et des plaques négatives. La rupture peut n'être pas immédiatement apparente à cause de la couche d'oxyde et l'élément peut même être chargé mais il ne peut plus débiter.

La matière active qui tombe des plaques, et particulièrement des positives, vient former au fond du bac un dépôt compact qui met en court-circuit les plaques si celles-ci sont trop près du fond.

Une partie de la matière en suspension se dépose dans les trous des séparateurs en ébonite ou en celluloïd et dans les pores de la matière négative, occasionnant ainsi une décharge locale. A la charge cette matière déposée passe à l'état de plomb spongieux qui, formant des ponts entre les plaques, met l'élément en court-circuit.

L'inconvénient le plus important est l'oxydation des bornes positives. On peut l'éviter en plaçant l'orifice de remplissage entre la borne négative et la paroi du bac, c'est-à-dire aussi loin que possible de la borne positive. Une solution préférable encore consiste à n'employer pour les bornes que du plomb antimonieux pour les tiges comme pour les écrous.

On emploie aussi, pour diminuer le poids, des écrous en ébonite ou autre matière isolante inattaquable à l'acide. Mais ces écrous sont facilement cassables et déformables et il n'est pas toujours facile d'assurer un bon contact durable entre des bornes en plomb antimonieux ou entre une borne en plomb antimonieux et un écrou isolant. Dans les éléments Fulmen-d'Arsonval, les pôles sont en plomb dur; ils possèdent un trou horizontal pour le passage du fil conducteur et un trou vertical fileté dans lequel on visse un bouchon d'ébonite qui serre solidement le fil conducteur.

Même lorsque les plaques ne peuvent pas jouer et lorsque tous les orifices du couvercle sont rendus parfaitement étanches, les bornes métalliques peuvent encore s'oxyder. Ceci arrive lorsque les queues polaires sont en plomb impur ou renferment de l'oxyde, ou même lorsqu'elles sont en plomb antimonieux pur mais coulé trop froid, car il se forme alors à l'intérieur du plomb des canaux capillaires par lesquels l'acide remonte pour attaquer les parties métalliques. Cet inconvénient se produit également lorsqu'on emploie des bouchons en mauvais caoutchouc qui sont attaquables par l'acide ou renferment des matières étrangères attaquant le plomb ou l'antimoine.

7° Un électrolyte gélatineux ou solidifié par une matière inerte (coton de verre) n'est pas avantageux.

8° Les vases en ébonite ou matière semblable sont cassants et non transparents.

Pour éviter tous les inconvénients cités, l'auteur propose d'employer :

1° Du celluloïd transparent rougeâtre, d'au moins $1^{mm},5$ à 2^{mm} d'épaisseur;

2° Des bacs renfermant le moins possible de soudures (rien n'empêche de donner double paroi aux éléments de 4 volts);

3° Un couvercle solide avec des nervures de renforcement;

4° Un collage soigné, un bon séchage des parties collées (lavage dans le cas où la colle renferme de l'acide acétique);

5° Des plaques solides fabriquées d'une seule pièce; une épaisseur de plaques d'au moins 6^{mm}; une addition de 10 pour 100 d'antimoine au plomb pur;

6° Aucune matière positive sujette à l'expansion, pour l'empâtage;

7° Le support des plaques sur le fond dans toute leur longueur; distance des plaques au fond d'au moins 8^{mm}; aucune suspension, aucun tasseau transversal au fond;

8° Un châssis pour maintenir solidement les plaques sur le côté et sur le dessus;

9° Des séparateurs en ébonite perforée munis de nervures verticales prismatiques au nombre de 5 au moins pour 100^{mm} de largeur des plaques;

10° Un couvercle amovible entre le niveau de l'acide et le couvercle fixe;

11° Aucun électrolyte gélatineux ou solidifié;

12° Aucune concentration élevée d'acide, la concentration maximum devant être 24° B. à l'état chargé;

13° Des substances chimiquement pures;

14° Des bouchons en caoutchouc pur sans addition de matières colorantes. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Fours électriques : Allmana Svanska Elektriska Aktiebolaget. BF. 375382, 5 mars 1907 (four à générateur électrique); BP. 5345, 1907 (fours électriques). — Beckett. USAP. 858780, 30 janv. 1906 (four pour la préparation des aciers et autres alliages). — Bingham. BP. 28593, 1906 (régulation des fours électriques). — Colby. USAP. 859641, 23 nov. 1905 (four d'induction). — Frick. BP. 22519, 1906. — Gronwall, Linbald et Stalhane. BP. 1658, 1907 (fours de fusion). — Hartenstein. BP. 10161, 1906; DRP. 187735, 1er mai 1906 (revêtement pour fours électriques). — Higgins. USAP. 856061 (four à plusieurs électrodes). — Kjellin. BF. 375192, 2 mars 1907 (opération d'un mouvement de la matière à traiter dans les fours électriques). — Kugelgen. USAP. 858400, 31 janv. 1905. — Potter. USAP. 851961, 23 juil. 1903. — Roach. BP. 26929, 1906. — Snyder. USAP. 859132 à 859137, 11, 18, 25 et 30 juin et 25 juil. 1906 (perfectionnements divers aux fours électriques). — Wallin. DRP. 183622, 9 oct. 1904 (four d'induction continu).



MESURES ET ESSAIS.

Nouveau galvanomètre à corde, par WERTHEIM SALOMONSON. (*Physikalische Zeitschrift*, t. VIII, 1er avril 1907, p. 195). — Au lieu d'utiliser le champ d'un aimant ou d'un électro-aimant, comme dans le galvanomètre à corde d'Einthoven [1], on peut tendre le fil fin dans le champ créé par deux conducteurs parallèles traversés par un courant. Il éprouve ainsi des attractions et répulsions électrodynamiques sous l'action desquelles il s'infléchit. L'auteur a appliqué ce principe, dont l'idée première revient à Th. Place, à la construction d'un appareil de mesure.

Sur une plaque à vis calantes sont montées une colonnette avec microscope et une planchette verticale qui reçoit tous les autres accessoires; le fil fin est monté sur un cadre fixé derrière la planchette; une vis micrométrique permet de le déplacer en avant ou en arrière. De chaque côté de la planchette sont installées des glissières, à vis micrométriques également, qui portent chacune une réglette en ébonite pouvant tourner autour d'un axe parallèle à l'axe du microscope. Les extrémités de ces réglettes sont munies de bornes entre lesquelles on tend les fils de champ, en cuivre de 1^{mm}. Tous ces dispositifs ont pour but de faciliter le réglage des fils qui consiste à les rendre parallèles entre eux et au fil fin placé exactement au milieu des deux autres. La corde est tendue par une vis micrométrique et protégée par une glace contre les courants d'air. Cet appareil se prête à de multiples applications.

1. *Galvanomètre.* — On réunit les deux bornes supérieures des fils de champ par un toron de fils de cuivre, tandis que les bornes inférieures sont reliées aux pôles d'une source capable de fournir un courant de 1 à 20 ampères. On fait passer un courant faible dans la corde dont les déviations sont mesurées par un oculaire micrométrique. Ou bien, inversement, on peut supposer le courant dans la corde connu et déduire l'intensité du courant qui traverse les fils de champ.

La force à laquelle est soumis le fil fin, de longueur l et à la distance r de chacun des deux autres, est $F = \frac{4ii'l}{r}$. Dans l'instrument d'Einthoven le champ est d'environ 20000 C.G.S.; dans celui-ci, le courant est au maximum 20 ampères, et comme la distance r peut être abaissée au-dessous de 1^{mm} soit $0^{mm},10$, on a pour le champ $H = \frac{4 \times 2}{0,1} = 80$ C.G.S. Pour une même corde, le premier est donc 250 fois plus sensible que le second; cette sensibilité étant de 10^{-11} ampère dans le galvanomètre d'Einthoven tombera à $2,5 \times 10^{-9}$ ampère dans le galvanomètre de Place.

2. *Electrodynamomètre.* — Une extrémité de la corde est réunie à l'une des bornes inférieures des fils de champ, et l'on fait passer le même courant dans les deux systèmes de fils. Ce dispositif ne dépasse pas en sensibilité les appareils de même catégorie, ceux à fil chaud par exemple; mais il a l'avantage d'être totalement dépourvu de self-induction et de ne présenter qu'une faible capacité.

3. *Wattmètre.* — Les fils de champ forment la bobine à gros fil, tandis que la corde, protégée par une résistance suffisante, remplit le rôle de la bobine de tension. Dans cette application, l'appareil montre une sensibilité bien supérieure à celle des wattmètres à miroir, et comme il ne possède ni self-induction, ni capacité, il s'adapte à toutes les fréquences et peut servir, par exemple, à mesurer les pertes d'énergie dans un condensateur ou une bobine de réactance insérés dans un circuit alternatif.

4. *Électromètre.* — Les fils de champ ne sont plus reliés l'un à l'autre; chacun d'eux joue le rôle d'une paire de quadrants et la corde remplace l'aiguille. Tous les montages adoptés pour les électromètres à quadrants sont applicables à l'électromètre à corde. Celui-ci est certainement moins sensible que le premier, mais il a l'avantage de prendre rapidement sa position d'équilibre. Quand on augmente la tension du fil, on diminue la sensibilité, mais les lectures se font plus rapidement. Ainsi un fil à la Wollaston de 3^{μ}, réglé pour prendre sa position équilibre en 0,12 seconde, donne une déviation de 1^{mm} (grossissement de 250) pour une différence de potentiel de 1 volt entre les fils de champ; si l'on relâche le fil de façon à porter la durée à 2 secondes, on trouve alors qu'il suffit d'une différence de potentiel de 0,25 volt pour produire la même déviation de 1^{mm}.

Les fils de quartz argentés d'Einthoven ont une sensibilité 100 fois plus grande que les fils de platine; ils se recommandent, en particulier, pour les mesures des valeurs instantanées du courant, de la tension et de la puissance; ils s'emploient alors sous la forme de fils fins (1^{μ} au plus) et courts, dont on règle la tension jusqu'à atteindre l'amortissement critique, c'est-à-dire jusqu'à la limite où le fil prend encore sa position d'équilibre sans oscillation. Au-dessus de cette tension critique le fil oscille de part et d'autre de sa position d'équilibre. L'auteur préfère, dans ce cas, employer un fil d'aluminium de $0^{mm},003$ plongé dans un bain d'huile qui rend ses déplacements apériodiques [1]. B. K.

---

[1] *La Revue électrique*, t. V, 15 mars 1906, p. 155.

[1] M. Gyözö Zemplén, dans le numéro du 1er juillet 1907, p. 438, de la *Physikalische Zeitschrift*, signale que les galvanomètres à corde peuvent également servir à la mesure des courants alternatifs. Ayant, en effet, branché son appareil du type Einthoven sur la canalisation urbaine à 50 périodes et 100 volts, avec une résistance en série, il constata que la corde vibrait synchroniquement avec le courant et que l'amplitude de ses oscillations croissait avec l'intensité du courant. La seule difficulté qui s'est présentée d'abord provenait de l'impossibilité de saisir la corde dans sa position extrême; elle a été vaincue, simplement, à l'aide d'un éclai-

Ampèremètre à cadre mobile et à déviations proportionnelles pour courant continu, par A. SCHORTAU (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 3 octobre 1907, p. 971). — Une proportionnalité rigoureuse entre les déviations et les intensités n'est obtenue, dans les ampèremètres à cadre mobile, que si l'entrefer est constant et si les matériaux magnétiques qui entrent dans sa construction sont parfaitement purs. L'auteur pense avoir réalisé un appareil répondant à ces conditions. Il repose sur le principe suivant: une enveloppe

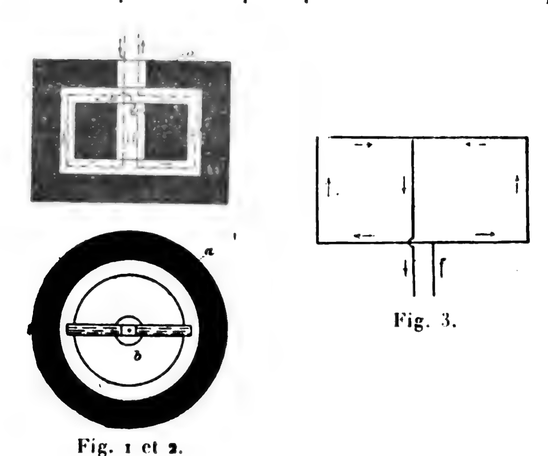


Fig. 1 et 2.

Fig. 3.

cylindrique en fer *a* (*fig.* 1 et 2), fermée en haut et en bas, constitue l'une des pièces polaires d'un aimant; l'autre pièce polaire *b* est également cylindrique et concentrique à la première. L'entrefer qu'elles laissent entre elles est coupé par des lignes de force qui vont de l'armature extérieure à l'armature intérieure ou inversement; dans cet entrefer se déplace une bobine double dont les moitiés sont ou couplées en série et enroulées en sens contraires (*fig.* 1), ou couplées en parallèle et enroulées dans le même sens (*fig.* 3), de sorte qu'elles sont traversées par des courants de directions opposées. Ce mode de connexion des conducteurs a pour conséquence d'augmenter le couple déviant et, par suite aussi, la sensibilité de l'appareil; en outre, les quatre côtés subissent l'action du champ magnétique; on obtient donc l'effet utile maximum.

La proportionnalité entre les déviations de l'équipage double et les courants qui le traversent résulte de la constance du champ dans toutes ses positions, et si même il existait quelque part un renforcement anormal du champ, par suite de la symétrie de la bobine, l'une de ses parties s'en écarterait autant que l'autre s'en rapprocherait; il y aurait une sorte de compensation. La courbe qui donne les déviations, en fonction des intensités, est rigoureusement une ligne droite.

La réalisation pratique de cet appareil est la suivante (*fig.* 4 et 5): la pièce polaire extérieure a la forme d'une boîte cylindrique, échancrée suivant une génératrice pour livrer passage à la queue qui supporte la deuxième pièce polaire également cylindrique et centrée sur la première; elle est munie aussi d'un prolongement. Les deux pièces polaires sont fixées sur une plaque *n* en métal non magnétique, de façon à former un ensemble très rigide qui est ensuite fixé à un solide aimant M en fer à cheval, à branches très inégales. L'épaisseur de l'entrefer n'est ici que la moitié de celle d'un galvanomètre Desprez-d'Arsonval; elle varie entre $1^{mm},2$ et $1^{mm},5$. Sur la carcasse en cuivre ou

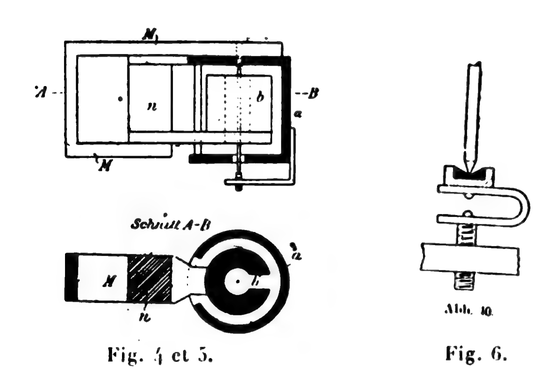


Fig. 4 et 5.

Fig. 6.

aluminium, on enroule le fil à faible coefficient de température, d'après le schéma de la figure 1. La suspension est particulièrement soignée; la bobine double est mobile autour d'un axe transversal dont les pivots tournent dans des crapaudines en agathe serties dans une pièce métallique qui est ensuite fixée sur l'une des branches d'un ressort en U (*fig.* 6); sur l'autre branche vient s'appliquer la vis de réglage avec contre-écrou. Celle-ci traverse le fond de la pièce polaire extérieure pour le pivot supérieur, tandis que pour le pivot inférieur elle est ajustée sur l'un des bras d'une équerre appliquée sur le pourtour de cette même pièce polaire. A ces vis sont adaptés les ressorts de torsion.

L'échelle embrasse un arc un peu supérieur à 90°; elle est fixée directement sur l'aimant. L'ensemble de l'appareil est très compact, parce que, dans sa construction, on s'est écarté du type ordinaire à enveloppe circulaire, pour lui conserver la forme d'un secteur rappelant à peu près l'étendue de l'échelle. Quand les instruments doivent être montés sur un tableau de distribution, on adapte les résistances, aussi dépourvues de self-induction que possible, à l'enveloppe même pour les intensités inférieures à 60 ampères; au-dessus de 60 ampères et 250 volts, elles sont montées à part.

Les galvanomètres à miroir ou les ampèremètres très

---

rage latéral qu'on trouve par tâtonnement et qui fait voir la corde brillante sur fond noir, tout en permettant la lecture des divisions micrométriques. Avec le dispositif de Salomonson, on peut adopter les trois montages suivants : faire passer le courant alternatif à travers les trois fils en série; la corde n'est déviée que d'un seul côté si les directions du courant sont contraires dans les fils de champ; la sensibilité est faible, 2×10^{-4} ampère pour une division; faire passer un courant continu de 20 ampères au maximum dans les fils de champ et le courant alternatif à travers la corde qui prend alors un mouvement vibratoire, ou inversement faire passer un courant continu à travers la corde et un courant alternatif pouvant aller jusqu'à 40 ampères dans les fils de champ; la sensibilité de l'appareil est alors $2,5 \times 10^{-9}$ ampère comme pour les applications en courant continu.

sensibles comprennent deux aimants avec pôles de même nom en regard. Ce dispositif renforce considérablement le champ et augmente la sensibilité de l'instrument. B. K.

Détermination d'un coefficient de self-induction au moyen d'un électromètre monté en différentiel, par G. ATHANASIADIS (*Physikalische Zeitschrift*, t. VIII, 15 sept. 1907, p. 606). — Cette méthode est une variante de celle indiquée il y a déjà longtemps par M. Joubert (1). Mettons (*fig.* 1) une résistance R_1 sans self-induction en série avec la résistance R dont on veut déterminer le coefficient de self-induction. Faisons passer

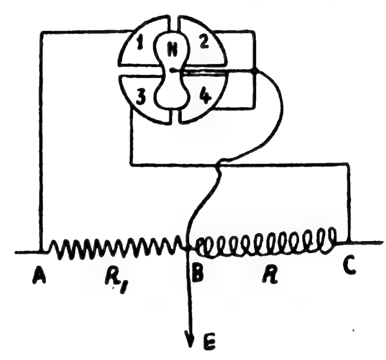


Fig. 1. — Électromètre Mascart monté en différentiel pour la détermination d'un coefficient de self-induction.

à travers ces résistances un courant sinusoïdal et réglons R_1 de telle sorte que la différence de potentiel entre A et B soit égale et de signe contraire à celle existant entre B et C. On a alors

$$I_{eff} = \frac{E_{eff}}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 n^2 \mathcal{L}^2}} = \frac{E_{1eff}}{R_1};$$

quand $E_{eff} = E_{1eff}$, on tire de là

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2\pi n}\sqrt{R_1^2 - R^2}.$$

Cette formule donne le coefficient de self-induction $\mathcal{L}$ puisqu'on connaît R_1 et R et que la mesure de n est également facile.

On se sert pour cela d'un électromètre Mascart monté en différentiel. On réunit les quadrants 2 et 4 à l'aiguille et à la terre par le point de jonction B de R_1 et R, le quadrant 1 au point A et le quadrant 3 au point C. Cette mise au sol de B donne aux chutes de potentiel entre A et B, B et C des signes contraires; quand on les a rendues égales en valeur absolue (en faisant varier R_1) les couples qui agissent sur l'équipage mobile sont égaux et de signes contraires et l'aiguille reste au zéro.

Le courant alternatif est fourni par une petite génératrice dont on règle la vitesse de manière à créer entre les extrémités des résistances une différence de potentiel de 20 ou 30 volts. La sensibilité croît proportionnellement à la chute de potentiel entre A et C, mais reste toujours faible si les résistances R_1 et R sont elles-mêmes petites. On peut très bien appliquer ce procédé à la mesure des coefficients de self-induction des bobines de télégraphiste, des bobines d'induction, etc. avec une précision de 0,5 à 1 pour 100. La résistance R_1 est empruntée à une boîte ou constituée par un rhéostat liquide dont les électrodes sont du même métal que le sel dissous. B. K.

(1) *Voir* MASCART et JOUBERT, *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. II, p. 559.

Nouvelle méthode pour la mesure absolue de l'inductance, par E.-B. ROSA (*Physical Review*, t. XXV, juillet 1907, p. 79). — Wien a indiqué plusieurs méthodes pour mesurer l'inductance en fonction d'une résistance et d'un temps, et, d'autre part, Anderson en a imaginé une excellente pour la mesure de cette même grandeur en fonction d'une capacité et d'une résistance. La nouvelle méthode de l'auteur donne, comme celles de Wien, l'inductance en fonction d'une résistance et d'un temps.

Dans cette méthode, un condensateur est monté en série dans l'une des branches d'un pont de Wheatstone, l'inductance à mesurer dans le bras opposé et l'on équilibre le pont. La fréquence du courant employé étant connue, la capacitance et l'inductance peuvent être déterminées. L'emploi d'un condensateur *en série* différencie cette méthode de celle indiquée par Wien, où un condensateur est monté en parallèle, sur la même branche, avec l'inductance à évaluer.

Si a_1, a_2, a_3, a_4 sont les impédances des diverses branches du pont; R_1, R_2, R_3, R_4 les résistances correspondantes, L l'inductance et C la capacité, on a, au moment de l'équilibre du pont,

$$a_1 a_4 = a_2 a_3;$$

si les résistances ne possèdent ni inductance ni capacité, en d'autres termes si L et C sont les seules inductance et capacité du pont, on a en outre

$$p^2 L^2 = \frac{R_1}{R_4}(R_2 R_3 - R_1 R_4),$$

$$p^2 C^2 = \frac{R_1}{R_4}\left(\frac{1}{R_2 R_3 - R_1 R_4}\right).$$

Lorsque, afin d'éviter quelque légère différence dans les résistances et dans l'inductance ou capacité des bras de proportion, les deux résistances R_3 et R_4 sont prises égales, les deux égalités précédentes se réduisent à

$$p^2 L^2 = R_1(R_2 - R_1),$$

$$p^2 C^2 = \frac{R_1}{R_4^2}\left(\frac{1}{R_2 - R_1}\right).$$

Il convient de faire deux mesures en interchangeant R_3 et R_4, sans modifier la position du condensateur. Pour effectuer ce changement sans altérer les résistances des conducteurs de connexion, une forme spéciale de pont a été imaginée par l'auteur.

Démonstration stroboscopique d'une différence de phase et mesure de l'angle, par H. STARKE (*Physikalische Zeitschrift*, t. VIII, 15 juin 1907, p. 402). — La méthode stroboscopique indiquée par l'auteur permet de faire voir à un nombreux auditoire la différence de phase existant entre deux courants alternatifs distincts, mais de même période. Ces deux courants seront, de préférence, dérivés d'une seule et même génératrice.

Sur l'arbre de la génératrice ou d'un moteur synchrone alimenté par cette génératrice, on fixe un disque de carton noir de 15^{cm} à 20^{cm} de diamètre, sur lequel on colle, suivant un rayon, une mince bande de papier blanc. Avec un éclairage continu, le disque, en tournant, parait uniformément blanc; si l'éclairement a lieu par éclairs qui se succèdent, par exemple, à des intervalles d'une période complète, le rayon blanc semble occuper une position fixe dans l'espace. On réalise cet éclairage intermittent avec l'étincelle d'une bouteille de Leyde chargée par une bobine dont le primaire est alimenté par le courant alternatif étudié. Comme il se produit une étincelle à chaque alternance, c'est-à-dire deux étincelles par période, le rayon blanc se voit alors dans deux positions diamétralement opposées ou, autrement dit, le disque semble coupé par un diamètre en blanc, dont l'inclinaison dépend de la phase de l'étincelle; aussi ce phénomène peut-il s'employer avantageusement pour mettre en évidence une différence de phase.

Si le moteur synchrone est multipolaire, dans la durée d'une période il n'effectue pas une rotation complète, mais seulement une fraction de tour; alors, plusieurs rayons paraissent fixes sur le disque. On peut encore montrer une différence de phase; mais l'angle de décalage est alors égal à l'angle de rotation multiplié par le nombre de paires de pôles. En général, il vaut mieux fournir à la bobine du courant continu et actionner son interrupteur par un deuxième petit moteur synchrone alimenté par l'alternateur. On a l'avantage de se limiter à une étincelle par période et, par suite, à une image du rayon. La lecture des angles dont tourne le rayon se fait sur un anneau concentrique au disque ou sur un verre transparent placé en avant du disque. Pour montrer le décalage de deux courants alternatifs, on produira deux étincelles qui donneront deux images du rayon : leur angle mesurera la différence de phase cherchée. Les jarres des batteries utilisées dans les laboratoires fournissent des étincelles assez brillantes pour rendre le phénomène visible à tout un auditoire ; leur capacité est d'environ 4000 à 5000 unités électrostatiques. Comme source lumineuse discontinue, on peut encore employer un tube de Geissler ou un arc alimenté par le courant alternatif ; mais le rayon est bien moins délimité dans ce cas.

1. *Déphasage produit par une self-induction.* — Sur le primaire de la bobine d'induction, on intercale un commutateur dont la manœuvre permet d'introduire dans le circuit, soit une résistance ohmique, soit une bobine de self-induction. Celle-ci fait tourner le rayon d'environ 90° dans le sens de rotation du disque, indiquant un retard de l'étincelle d'un quart de période. En ajoutant en série avec la bobine de self-induction une résistance, le rayon revient peu à peu à sa position initiale. Il est possible de déduire de cette expérience une valeur approchée du coefficient de self-induction. On mesure la vitesse du moteur avec un compteur de tours, ce qui donne $\omega = 2\pi f$; connaissant, en outre, r et φ, on tire $\mathcal{L}$ de la relation $\tang \varphi = \frac{\omega \mathcal{L}}{r}$.

2. *Déphasage dans un transformateur à différentes charges.* — En série avec le fil primaire de la bobine, on connecte le primaire d'un transformateur dont le secondaire débite sur une résistance non inductive; on constate un déplacement du rayon en sens contraire de la rotation du moteur synchrone. L'auteur utilise, comme primaire du transformateur, le primaire d'une bobine d'induction de son laboratoire constitué par 300 tours de fils de cuivre de 2^{mm} de diamètre, enroulés sur un faisceau de fils de fer, et comme secondaire, 8 tours de fils de cuivre de 1^{cm} de diamètre fermés sur une tige de fer de 10^{cm} de longueur et $0^{cm},75$ de diamètre. L'enfoncement progressif du secondaire sur le primaire provoque une rotation inverse du rayon jusqu'à 50°. A ce moment, la tige de fer est échauffée jusqu'au blanc.

3. *Phases d'un alternateur triphasé.* — L'une des phases alimente le moteur synchrone portant le disque; le décalage des trois phases se met alors en évidence en les employant successivement pour la production de l'étincelle.

4. *Différences de phase dans les vibrations forcées.* — Enfin, ce dispositif se prête facilement à la démonstration de la différence de phase qui se manifeste dans les vibrations forcées, quand le corps vibrant se trouve presque en résonance avec les oscillations propres du corps excitateur. Un exemple de ce genre, bien connu des électriciens, est celui de la corde vibrante pour mesurer la fréquence d'un courant alternatif. Entre les branches d'un aimant en fer à cheval, on tend un fil de cuivre traversé par le courant alternatif; on règle la tension de ce fil de façon que sa période soit égale à celle du courant ; à ce moment, l'amplitude des vibrations de la corde atteint sa plus grande valeur. L'auteur emploie, pour son expérience, un ressort de montre tendu entre deux joues au-dessus d'un électro parcouru par le courant alternatif; par variation de la longueur, on amène les deux mouvements vibratoires à être en phase, ce que l'on reconnait à ce que l'amplitude est maxima ; si, à partir de cet instant, on augmente encore la longueur du ruban, sa période prend un retard par rapport à celle du courant et ce décalage en arrière peut aller jusqu'à 180°, c'est-à-dire que le ruban vibre en sens contraire du courant. Pour illustrer le phénomène, on munit le ruban d'un fil de platine qui, à chaque vibration, ouvre et ferme le circuit primaire de la bobine d'induction. Au moment du synchronisme, le rayon blanc conserve une position fixe, par rapport à laquelle il se déplace en arrière ou en avant, selon que l'on donne au ruban une longueur plus grande ou plus courte. La réussite de ces expériences demande une grande constance dans la vitesse de rotation de la machine, les variations de fréquence se manifestent par un balancement du rayon. Il faut aussi que la surface du mercure ne présente aucune trace d'impureté, afin d'obtenir des étincelles bien régulières. B. K.



Mesure des pertes dans le fer soumis à un champ alternatif, par J. SAHULKA (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXV, 20 octobre 1907, p. 809 à 812) — L'auteur utilise pour cette mesure une méthode indiquée par lui en 1898 qui permet d'obtenir immédiatement la mesure du champ maximum dans un noyau de fer. La disposition employée est montrée par

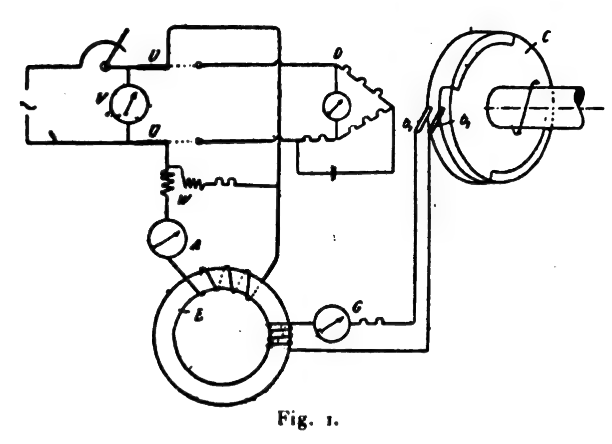


Fig. 1.

la figure 1. Le noyau de fer est désigné par E; ce noyau peut être constitué d'une manière quelconque, il peut être en particulier le circuit magnétique d'un transformateur. La mesure des pertes est faite à l'aide d'un wattmètre W, celle du courant à l'aide de l'ampèremètre A; un voltmètre V sert au contrôle de la tension du courant alternatif; un pont de Wheatstone permet de mesurer la résistance du circuit UWAU.

Une bobine secondaire est enroulée autour du noyau E; cette bobine est fermée sur un galvanomètre et une résistance convenable par l'intermédiaire d'un contact tournant C, commandé directement ou à l'aide d'engrenages par l'alternateur alimentant le circuit d'excitation (ou par un moteur synchrone). Les contacts sont prévus de telle sorte que le circuit du galvanomètre est fermé pendant une demi-période et ouvert

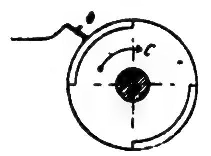


Fig. 2.

pendant la demi-période suivante. La figure 2 montre le dispositif applicable pour un alternateur ou un moteur synchrone à quatre pôles. Le balai b_1 établit la liaison avec un anneau complet, le balai b_2 avec les secteurs qui sont eux-mêmes en contact permanent avec l'anneau; il est nécessaire d'apporter beaucoup de soin à l'établissement et à la surveillance de ce dispositif afin d'éviter les trépidations qui amèneraient des troubles dans le fonctionnement et fausseraient les mesures.

Le courant alternatif doit être fourni par une génératrice à pôles alternés. Les balais b_1, b_2, sont fermés pendant une demi-période; le champ varie pendant ce temps de la valeur $+B$ à $-B$ (*fig.* 3), suivant la position des balais b_1, b_2; il en résulte dans le circuit du galvanomètre un courant induit alternatif qui n'est pas indiqué par le galvanomètre : l'indication de ce dernier correspond seulement à la variation

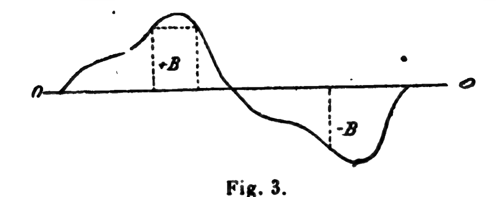


Fig. 3.

de l'induction de $+B$ à $-B$. Si la section du noyau de *fer* E est égale à q^{cm^2}, le nombre de spires de la bobine secondaire étant m, on a dans le circuit du galvanomètre, pendant une période, une induction $2Bqm$, correspondant à la circulation dans ce circuit d'une certaine quantité d'électricité. La résistance du circuit étant r, cette quantité d'électricité est égale à $\frac{2Bqm}{r10^8}$ coulombs pendant une période, ou si $\sim$ désigne la fréquence, le courant en ampères sera

$$i = \frac{2Bqm\sim}{10^8 r} \quad (1)$$

d'où

$$B = \frac{r10^8}{2qm\sim} i. \quad (2)$$

La valeur de B est donc donnée, à un facteur près, par la mesure du courant i; si l'on décale progressivement les balais b_1, b_2, on obtient, par un certain nombre de mesures, la courbe du champ. En pratique, il est seulement nécessaire d'obtenir la valeur maxima de B en décalant les balais jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre soit maxima. La valeur de B_{max} peut être modifiée à volonté par l'emploi d'une tension plus ou moins grande aux bornes de la bobine d'excitation.

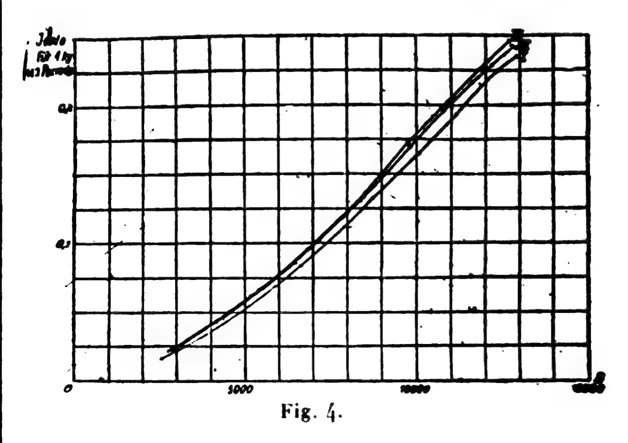


Fig. 4.

L'auteur a fait un certain nombre d'essais sur un anneau de fil de fer, à des fréquences et inductions variables; les courbes de la figure 4 en donnent les résultats; le fil employé était de très petit diamètre, de

sorte que les pertes par courants de Foucault pouvaient être négligées; la courbe I a été tracée à 20 périodes, la courbe II à 31 périodes, la courbe III à 48,33 périodes. On voit que ces pertes ne sont pas indépendantes de la fréquence : les différences des ordonnées des courbes I et III sont presque de 9 pour 100. Pour l'échantillon de fer en essai, les pertes par hystérésis augmentent moins que ne l'indique la loi de Steinmetz.

En intercalant dans le circuit alternatif des self-inductions convenables, il est possible de déformer la

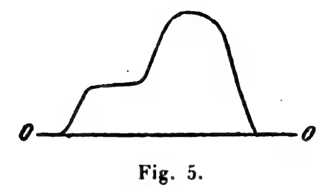


Fig. 5.

courbe de champ comme le montre la figure 5; l'essai dans ces conditions accuse une augmentation des pertes par hystérésis due à ce que, le champ restant constant pendant un temps assez long, le reste de la demi-période est utilisé pour la variation presque totale du champ, ce qui correspond dans une certaine mesure à une augmentation de fréquence.

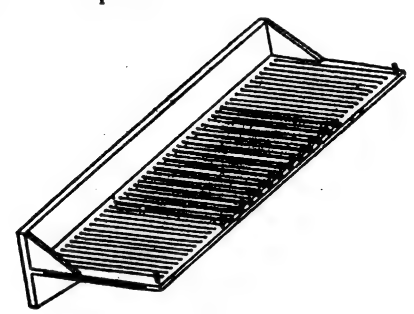


Fig. 6.

La figure 6 montre une autre forme de l'appareil permettant l'essai des tôles de forme ordinaire sans découpage ni ajustement d'aucune sorte. Les feuilles de tôle à essayer sont introduites dans un cadre en bois muni d'un enroulement primaire et d'un enroulement secondaire comme l'anneau de la figure 1; il est nécessaire d'étalonner l'appareil par comparaison avec un dispositif à circuit magnétique fermé, tel que celui de Richter. E. B.

Sur une nouvelle méthode pour la détermination du point de fusion des métaux et pour l'étalonnage des couples thermo-électriques, par RICHARD LOEBE (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XIII, 30 août 1907, p. 592). — La méthode du creuset, qui consiste à faire fondre le métal ou l'alliage dans un creuset et à y plonger le couple protégé par un tube de porcelaine, ne peut être employée que lorsqu'on dispose d'une assez grande quantité de matière.

Les différentes méthodes à fil (Berthelot, Holborn et Day) jusqu'ici employées présentent toutes des inconvénients dus surtout à la difficulté de faire la lecture au galvanomètre au moment précis de la fusion du fil. La modification suivante apportée à la méthode à fil résout cette difficulté.

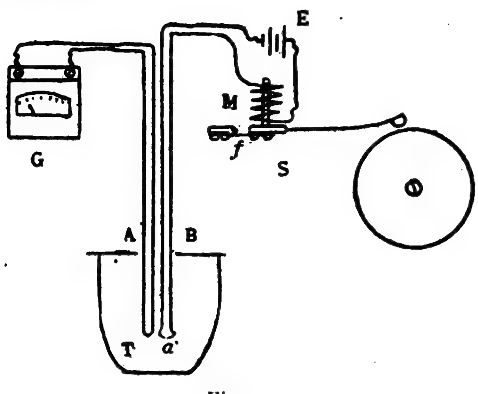


Fig. 1.

Comme il est représenté en figure 1, le couple thermo-électrique A et le dispositif de fusion B restent séparés l'un de l'autre et sont portés ensemble dans un creuset T chauffé électriquement. Le dispositif de fusion consiste en deux fils de platine reliés en bas par le fil *a* à essayer et dont les extrémités libres sont disposées dans le circuit d'une batterie E et de l'électro-aimant M d'une sonnerie S. Dès que le fil fond, le marteau retombe sur la cloche et il est très facile à cet instant de faire la lecture au galvanomètre G. Le fil à essayer ne doit pas être trop court; on lui donne une longueur de 5^{mm} pour une épaisseur de $0^{mm},8$; autrement, au moment de la fusion il se produirait une boule et le circuit de la sonnerie ne serait pas interrompu.

La méthode s'applique aux métaux oxydables car on peut placer l'ensemble dans un gaz déterminé ou dans un sel fondu qui évitent l'oxydation. On peut aussi employer un bain de chauffage métallique car on peut protéger le dispositif de fusion par un tube de porcelaine, tout comme le couple thermo-électrique.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils de mesures divers : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 18486, 1906 (commutateurs pour appareils de mesure). — BARTELS. BP. 13062, 1907 (photomètre). — BRAZIL AND LYDALL. BP. 29748, 1906 (instruments de mesure). — COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE. BP. 17894, 1907 (appareils de mesure). — CONRAD ET BRADSHAW. BP. 12552, 1907 (mesure de la puissance). — DAVIS ET HASKINS. USAP. 867561, 15 mars 1904. — D'HOMERGUE. BF. 377432, 5 avril 1907 (construction de shunts pour appareils de mesures). — EISENSTEIN. BP. 3393, 1906 (ondemètre). — GARRARD ET FERRANTI. BP. 24209, 1906. — HARTMANN ET BRAUN A.-G. BP. 1280, 1907 (fixation des appareils de mesures aux tableaux de distribution). — HATFIELD ET REASON CY. BP. 2613, 1906. — HOOKLAM. BP. 23602, 1906. — IRWIN. BF. 377852, 16 mai 1907 (appareil calorique). — ISARIA ZÄHLERWERKE A.-G. BP. 9143, 1907.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

SOCIÉTÉS SAVANTES.

Les prix décernés par l'Académie des Sciences. — Dans sa séance publique annuelle, qui a eu lieu le lundi 2 décembre sous la présidence de M. A. Chauveau, l'Académie des Sciences a procédé à la distribution des prix. Parmi les lauréats, nous relevons les noms suivants :

M. Arthur Korn, professeur à l'Université de Munich, connu des électriciens par ses travaux sur la Téléphotographie, qui reçoit une partie du prix Vaillant pour un travail sur la résolution de l'équation différentielle du mouvement d'un point d'une plaque élastique encastrée.

M. le colonel Renard, décédé récemment, à qui est attribué le prix Poncelet pour ses recherches mathématiques et expérimentales sur la Mécanique.

M. Lucien Poincaré, à qui est décerné le prix Hébert pour son Ouvrage : *La Physique moderne*.

M. P. Langevin, qui reçoit le prix Hugues pour l'ensemble de ses travaux.

M. Mathias, qui reçoit le prix Gaston Planté pour l'ensemble de ses travaux et, en particulier, pour ses recherches relatives au magnétisme terrestre.

M. P. Villard, à qui est attribué le prix La Caze pour ses travaux, bien connus de nos lecteurs, sur les rayons X et les rayons cathodiques.

M. P. Weiss, professeur au Polytechnikum de Zurich, qui reçoit le prix Kastner-Boursault pour ses recherches sur le magnétisme des cristaux.

M. P. Duhem, à qui est décerné le prix Petit d'Ormoy pour ses travaux sur la Physique mathématique.

M. A. Cotton, qui reçoit le prix Pierson-Perrin pour ses travaux sur la biréfringence magnétique.

EXPOSITIONS.

Exposition internationale des Applications de l'Électricité (Marseille, 1908). — Nous avons déjà appelé l'attention de nos lecteurs (15 oct. 1907, p. 248) sur cette Exposition qui doit se tenir du 19 avril au 31 octobre 1908.

L'organisation de l'Exposition prévoyait la constitution d'un Comité général de propagande, à Paris, ayant pour président M. Noblemaire, directeur général honoraire, conseil des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, et pour secrétaire M. P. Delaittre, ancien ingénieur de la Marine et des Chemins de fer de l'Ouest. Ce Comité a été constitué le 12 novembre dernier; il s'est immédiatement divisé en plusieurs sections et a commencé ses travaux.

M. Noblemaire a profité de la réunion collective des membres de ce Comité pour leur rappeler la genèse de l'Exposition de Marseille, l'enthousiasme avec lequel elle est accueillie par toutes les classes de la population marseillaise et leur fait connaître l'état d'avancement des travaux ainsi que les garanties financières qui ont été prises par les organisateurs. Il est convaincu que, malgré le peu de temps dont on dispose d'ici la date d'ouverture (qui ne pouvait être reculée, la municipalité de Marseille tenant à ce que le parc du Prado fût ouvert au public dès la fin de 1908), tous les bâtiments seront prêts avant cette date, grâce aux excellentes références des entrepreneurs chargés des travaux, grâce aussi au zèle infatigable des deux commissaires généraux, M. H. Dubs, directeur des Tramways de Marseille, et M. G. Cordier, administrateur délégué de l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen. Il est également convaincu que, patronnée par les ministres et les hautes personnalités de Marseille et des Bouches-du-Rhône, largement subventionnée par le Conseil municipal, le Conseil général, la Chambre de Commerce, etc.; enfin accueillie avec vive sympathie par le public, la prochaine Exposition ne peut manquer d'avoir le succès qu'a eu, en 1906, l'Exposition coloniale.

Ajoutons que le Règlement général et la Classification générale de l'Exposition ont été récemment publiés en deux brochures que nos lecteurs pourront se procurer soit au Commissariat général, 62, boulevard Louis Salvator, à Marseille, soit au Secrétariat général, 63, boulevard Haussmann, à Paris.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Décret du 9 octobre 1907 concernant les chaudières à vapeur. — Les décrets du 30 avril 1880 et du 29 juin 1886 qui régissent les chaudières à vapeur sont abrogés et remplacés par un décret portant la date du 9 octobre 1907, qui est reproduit ci-dessous (1) :

Il n'est pas sans intérêt de signaler les points principaux par lesquels le nouveau décret diffère des précédents, mais je passerai sous silence, dans cette analyse sommaire, les Titres III (chaudières locomobiles), IV (chaudières locomotives) et V qui n'intéressent pas directement l'industrie électrique.

Le Rapport qui précède le décret indique que le but de l'Administration a été de concilier la nécessité de la sécurité publique avec les exigences de l'industrie, et aussi de mettre la réglementation en harmonie avec les progrès actuels de la Science technique. A ce dernier point de vue, on trouve, en effet, des prescriptions relatives aux surchauffeurs et sécheurs de vapeur, ainsi qu'aux réchauffeurs d'eau d'alimentation.

Les statistiques donnent deux indications importantes dont l'influence est très nette sur les dispositions du décret. D'abord la cause principale des accidents mortels est le défaut d'entretien des appareils. En second lieu, si la rupture d'un élément de chaudière vient à se produire, ce n'est généralement pas cet accident-là qui fait des victimes, mais bien un effet secondaire tel que retour de flammes ou projection de vapeur.

(1) *Journal officiel* du 31 octobre 1907, p. 7495-7499.

Aussi verra-t-on toutes les dispositions libérales du règlement (et il faut reconnaître qu'elles sont nombreuses) tempérées par l'institution d'un contrôle effectif ou l'obligation de s'astreindre à des règles plus précises que par le passé.

Épreuves. — Une chaudière, un sécheur ou un surchauffeur de vapeur, ou un réchauffeur d'eau sous pression, neufs, doivent toujours être éprouvés par le Service des Mines.

Si ces appareils ont déjà servi, ils peuvent avoir à subir une réépreuve dans cinq cas :

1° S'ils ont subi une réparation notable;
2° Si l'ingénieur des Mines en suspecte la solidité;
3° S'ils sont l'objet d'une nouvelle installation;
4° Si leur chômage a duré plus d'une année;
5° Si leur dernière épreuve remonte à 10 années.

La surcharge d'épreuve est la même qu'autrefois pour les chaudières neuves timbrées à 20 kg : cm² maximum : elle s'applique également au premier des cinq cas ci-dessus, tandis qu'elle est réduite de moitié pour les quatre autres.

Cette dernière disposition est d'autant plus sage qu'il n'était pas rare de voir des chaudières ayant subi avec succès l'épreuve décennale présenter des fuites graves quelques jours après.

L'ingénieur des Mines a les plus grands pouvoirs pour décider le mode d'institution d'une réépreuve, et même pour faire surseoir à une épreuve décennale, mais il tiendra particulièrement compte des renseignements que pourront lui donner les associations autorisées de propriétaires d'appareils à vapeur.

La valeur de la surcharge d'épreuve est augmentée pour les chaudières timbrées au-dessus 20 kg : cm². Si les chaudières, quel que soit leur timbre, ont une capacité inférieure à 25^{l}, elles ne sont pas soumises aux prescriptions du décret.

Il en est de même des cylindres de machines à vapeur avec ou sans enveloppe, des enveloppes de turbine et des tuyauteries.

Le décret envisage comme un cas normal l'épreuve d'une chaudière neuve sur le lieu d'emploi, chose dont l'autorisation était autrefois précédée d'une longue enquête.

Appareillage de la chaudière. — Du côté de l'appareillage, le règlement est plus sévère qu'autrefois.

Il faut que chacune des deux soupapes de sûreté réglementaires suffise à limiter à 10 pour 100 de la valeur du timbre la pression dans la chaudière, les réchauffeurs d'eau éventuellement et les surchauffeurs de vapeur. Des dispositions doivent être prises pour éviter les projections d'eau ou de vapeur sur le personnel.

Les niveaux d'eau à tube de verre sont obligatoirement munis de protecteurs. On remarquera le silence du règlement au sujet des appareils autrefois prescrits comme destinés à remplacer les tubes de verre dans les chaudières de grande hauteur.

La nécessité des clapets de retenue de vapeur ne dépend plus de la catégorie des chaudières, mais de la section intérieure du collecteur de vapeur, la limite étant 50$^{cm^2}$.

Les portes des foyers et des cendriers des chaudières à tubes d'eau et des surchauffeurs doivent être à fermeture automatique en cas d'afflux accidentel de vapeur dans le foyer. Tous les autres orifices doivent être pourvus de fermetures solides.

Enfin chaque chaudière porte une plaque indiquant non seulement le nom du constructeur, mais le lieu, l'année et le numéro d'ordre de fabrication.

Conditions d'emplacement. — Le produit caractéristique en ce qui concerne l'emplacement d'une chaudière est, comme autrefois, le produit du volume de la chaudière par l'excès sur 100° de la température de la vapeur à la pression du timbre. Mais, et c'est là une des importantes innovations du règlement, si l'on doit compter, dans la capacité de la chaudière, ses réchauffeur et surchauffeur, au moins on doit déduire tout le volume des tubes ayant moins de 100^{mm} de diamètre intérieur et les communications de moins de 1$^{cm^2}$ de section. Autrement dit, on n'a plus à s'occuper des tubes des chaudières multitubulaires.

Cette nouvelle prescription corrige une anomalie de l'ancien règlement qui traitait de même les chaudières à grand volume et les chaudières multitubulaires, malgré la différence énorme de sécurité correspondant à l'emploi des unes ou des autres. Le Règlement de 1880 avait son âge pour excuse, et l'Administration était réduite à se montrer libérale pour l'autorisation de dérogations.

Pour le calcul de la catégorie, on trouve annexé au décret un Tableau des températures de la vapeur saturée correspondant aux différentes pressions. Mais, alors que pour l'épreuve ce décret envisage le cas de chaudières timbrées à 40 kg : cm² et au-dessus, il nous laisse dans l'incertitude pour le calcul de la catégorie au delà du timbre de 20 kg : cm².

Les groupes générateurs de première et de seconde catégories doivent être en dehors de toute maison d'habitation ou (texte nouveau) de tout bâtiment fréquenté par le public. Le Règlement tolère qu'un groupe générateur de première catégorie soit établi dans un atelier occupant à poste fixe d'autres ouvriers que les chauffeurs et conducteurs de machines, et cela au cas où le genre d'industrie pourrait y obliger.

De même, les groupes générateurs de seconde catégorie peuvent être établis dans une construction contenant les logements de l'industriel, à condition que ces locaux seront protégés par un mur de garde de 45^{cm} minimum et éloignés de la chaudière d'une distance horizontale d'au moins 10^{m}.

Exploitation. — La conduite des chaudières à vapeur, dit le décret, ne doit être confiée qu'à des agents sobres et expérimentés. Cette simple phrase de l'article 39 va peut-être donner un argument aux partisans du commissionnement des chauffeurs, que les syndicats ouvriers désirent vivement et qui a rencontré jusqu'ici une opposition très sérieuse.

L'industriel doit tenir un registre d'entretien, coté et paraphé par la police et qu'il doit présenter à toute réquisition au Service des Mines. Sur ce registre sont consignés, à leur date, tous les événements de la vie de la chaudière : épreuves, examens intérieur et extérieur réglementaires au minimum une fois par an, nettoyages et réparations.

Les chaufferies doivent être de dimensions suffisantes pour que le travail s'y fasse sans danger. Elles doivent avoir au moins deux issues, être bien éclairées et bien ventilées.

Les plates-formes des massifs seront aisément accessibles et aucun travail à poste fixe n'y sera toléré.

Telles sont, sommairement analysées, les dispositions nouvelles du décret. Le caractère de ce décret est, somme toute, d'être libéral et, à ce titre, il sera certainement accueilli avec faveur. X.

DÉCRET DU 9 OCTOBRE 1907.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Vu la loi du 21 juillet 1856, concernant les contraventions aux règlements sur les appareils et bateaux à vapeur;

Vu la loi du 18 avril 1900 concernant les contraventions aux règlements sur les appareils à pression de vapeur ou de gaz et sur les bateaux à bord desquels il en est fait usage;

Vu le décret du 30 avril 1880 relatif aux chaudières à vapeur autres que celles placées sur les bateaux;

Vu le décret du 29 juin 1886 portant modification du précédent;

Vu l'avis de la commission centrale des machines à vapeur;

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

ART. 1er. — Sont soumis aux formalités et aux mesures prescrites par le présent règlement :

1° Les générateurs de vapeur autres que ceux qui sont placés à bord des bateaux;

2° Les récipients définis ci-après (Titre V).

Sont exceptés, toutefois, de l'application de ce règlement :

a. Les générateurs dont la capacité est inférieure à 25l;

b. Les générateurs de capacité quelconque où des dispositions matérielles efficaces empêchent la pression effective de la vapeur de dépasser 300 grammes par centimètre carré, à la condition que ces générateurs soient munis d'une plaque portant les mots « non soumis au décret du 9 octobre 1907 » et indiquant la pression maximum pour laquelle ces dispositions sont prises; le constructeur doit adresser à l'ingénieur des mines, au plus tard à la fin du mois, un état des générateurs remplissant les conditions prévues au présent paragraphe qu'il a livrés, avec la désignation des acquéreurs.

TITRE Ier. — *Mesures de sûreté relatives aux chaudières placées à demeure.*

ART. 2. — Aucune chaudière neuve ne peut être mise en service qu'après avoir subi l'épreuve réglementaire ci-après définie. Cette épreuve doit être faite chez le constructeur et sur sa demande.

Toutefois, elle pourra être faite sur le lieu d'emploi, dans les circonstances et sous les conditions qui seront fixées par le ministre.

Toute chaudière venant de l'étranger est éprouvée avant sa mise en service, sur le point du territoire français désigné par le destinataire dans sa demande.

ART. 3. — Lorsqu'une chaudière a subi, dans un atelier de construction ou de réparation, des changements ou des réparations notables, l'épreuve doit être renouvelée sur la demande du constructeur ou du réparateur.

Le renouvellement de l'épreuve peut être exigé de celui qui fait usage d'une chaudière :

1° Lorsque la chaudière, ayant déjà servi, est l'objet d'une nouvelle installation ;

2° Lorsqu'elle a subi une réparation notable;

3° Lorsqu'elle est remise en service après un chômage de plus d'un an.

A cet effet, l'intéressé devra informer l'ingénieur des mines de ces diverses circonstances. En particulier, si l'épreuve exige la démolition du massif du fourneau ou l'enlèvement de l'enveloppe de la chaudière et un chômage plus ou moins prolongé, cette épreuve pourra ne point être exigée, lorsque des renseignements authentiques sur l'époque et les résultats de la dernière visite, intérieure et extérieure, constitueront une présomption suffisante en faveur du bon état de la chaudière. Pourront être notamment considérés comme renseignements probants les certificats délivrés aux membres des associations de propriétaires d'appareils à vapeur par celles de ces associations que le ministre aura désignées.

Le renouvellement de l'épreuve est exigible également lorsque, à raison des conditions dans lesquelles une chaudière fonctionne, il y a lieu, par l'ingénieur des mines, d'en suspecter la solidité.

Dans tous les cas, lorsque celui qui fait usage d'une chaudière contestera la nécessité d'une nouvelle épreuve, il sera, après une instruction où celui-ci sera entendu, statué par le préfet.

L'intervalle entre deux épreuves consécutives ne doit pas être supérieur à dix années. Avant l'expiration de ce délai, celui qui fait usage d'une chaudière à vapeur doit lui-même demander le renouvellement de l'épreuve.

Toutefois, il peut être sursis à la réépreuve décennale, sur l'autorisation de l'ingénieur des mines, lorsqu'une association de propriétaires d'appareils à vapeur, agréée à cet effet par le ministre, certifie le bon état de l'appareil dans toutes ses parties.

ART. 4. — L'épreuve consiste à soumettre la chaudière à une pression hydraulique supérieure à la pression effective qui ne doit point être dépassée dans le service. Cette pression d'épreuve sera maintenue pendant le temps nécessaire à l'examen de la chaudière.

Toutes les parties de celle-ci doivent pouvoir être visitées.

Toutefois, pour les réépreuves sur le lieu d'emploi, l'ingénieur en chef aura la faculté d'autoriser des atténuations à cette règle, dans la mesure et sous les conditions précisées par les instructions du ministre.

Pour les appareils neufs et pour ceux ayant subi des changements notables ou de grandes réparations, la surcharge d'épreuve est égale, en kilogrammes par centimètre carré :

A la pression effective, avec minimum de un demi, si le timbre n'excède pas 6;

A 6, si le timbre est supérieur à 6 sans excéder 20;

A 7, si le timbre est supérieur à 20 sans excéder 30;

A 8, si le timbre est supérieur à 30 sans excéder 40;

Au cinquième de la pression effective, si le timbre excède 40.

Dans les autres cas, la surcharge d'épreuve est moitié de celle résultant des indications qui précèdent.

L'épreuve est faite sous la direction et en la présence de l'ingénieur ou du contrôleur des mines.

Elle n'est pas exigée pour l'ensemble d'une chaudière dont les diverses parties, éprouvées séparément, ne doivent être réunies que par des tuyaux placés sur tout leur parcours en dehors du foyer et des conduits de flamme et dont les joints peuvent être facilement démontés.

Le chef de l'établissement où se fait l'épreuve fournit la main-d'œuvre et les appareils nécessaires à l'opération.

ART. 5. — Après qu'une chaudière ou partie de chaudière a été éprouvée avec succès, il y est apposé un ou plusieurs timbres indiquant, en kilogrammes par centimètre carré, la pression effective que la vapeur ne doit pas dépasser.

Les timbres sont poinçonnés et reçoivent trois nombres indiquant le jour, le mois et l'année de l'épreuve.

Un de ces timbres est placé de manière à être toujours apparent après la mise en place de la chaudière.



Toute chaudière neuve présentée à l'épreuve doit porter une plaque d'identité indiquant :

1° Le nom du constructeur ;

2° Le lieu, l'année et le numéro d'ordre de fabrication.

Art. 6. — Les réchauffeurs d'eau sous pression, les sécheurs et les surchauffeurs de vapeur sont considérés comme chaudières ou parties de chaudières pour tout ce qui est prescrit par les articles précédents.

Art. 7. — Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler dès que sa pression effective atteint la limite maximum indiquée par le timbre réglementaire.

Chacune de ces soupapes doit suffire pour évacuer à elle seule et d'elle-même toute la vapeur produite, dans toutes les circonstances du fonctionnement, sans que la pression effective dépasse de plus d'un dixième la limite ci-dessus.

Les mesures nécessaires doivent être prises pour que l'échappement de la vapeur ou de l'eau chaude ne puisse pas occasionner d'accident.

Art. 8. — Quand des réchauffeurs d'eau d'alimentation seront munis d'appareils de fermeture permettant d'intercepter leur communication avec les chaudières, ils porteront une soupape de sûreté réglée eu égard à leur timbre et suffisante pour limiter d'elle-même et en toutes circonstances la pression au taux fixé par l'article 7.

Il en sera de même pour les surchauffeurs de vapeur, à moins que les dispositions prises n'excluent l'éventualité d'une élévation de la pression au-dessus du timbre.

Art. 9. — Toute chaudière est munie d'un manomètre en bon état placé en vue du chauffeur et gradué de manière à indiquer en kilogrammes par centimètre carré la pression effective de la vapeur dans la chaudière.

Une marque très apparente indique sur l'échelle du manomètre la limite que la pression effective ne doit point dépasser.

La chaudière est munie d'un ajutage terminé par une bride de 4^{cm} de diamètre et 5^{mm} d'épaisseur, disposée pour recevoir le manomètre vérificateur.

Art. 10. — Chaque chaudière est munie d'un appareil de retenue, soupape ou clapet, fonctionnant automatiquement et placé au point d'insertion du tuyau d'alimentation qui lui est propre.

Art. 11. — Chaque chaudière est munie d'une soupape ou d'un robinet d'arrêt de vapeur, placé, autant que possible, à l'origine du tuyau de conduite de vapeur, sur la chaudière même.

Art. 12. — Toute paroi en contact par une de ses faces avec la flamme ou les gaz de la combustion doit être baignée par l'eau sur sa face opposée.

Le niveau de l'eau doit être maintenu, dans chaque chaudière, à une hauteur de marche telle qu'il soit, en toute circonstance, à 6^{cm} au moins au-dessus du plan pour lequel la condition précédente cesserait d'être remplie. La position limite sera indiquée, d'une manière très apparente, au voisinage du tube de niveau mentionné à l'article suivant.

Les prescriptions énoncées au présent article ne s'appliquent point :

1° Aux sécheurs et surchauffeurs de vapeur à petits éléments distincts de la chaudière ;

2° A des surfaces relativement peu étendues et placées de manière à ne jamais rougir, même lorsque le feu est poussé à son maximum d'activité, telles que les tubes ou parties de cheminées qui traversent le réservoir de vapeur, en envoyant directement à la cheminée principale les produits de la combustion.

Art. 13. — Chaque chaudière est munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, indépendants l'un de l'autre et placés en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation.

L'un au moins de ces appareils indicateurs est un tube en verre, disposé de manière à pouvoir être facilement nettoyé et remplacé au besoin.

Des précautions doivent être prises contre le danger provenant des éclats de verre, en cas de bris des tubes, au moyen de dispositions qui ne fassent pas obstacle à la visibilité du niveau.

Art. 14. — Sur les groupes générateurs composés de deux ou de plusieurs appareils distincts, toute prise de vapeur correspondant à une conduite de plus de 50^{cm^2} de section intérieure et par laquelle, en cas d'avarie à l'un des appareils, la vapeur provenant des autres pourrait refluer vers l'appareil avarié, est pourvue d'un clapet ou soupape de retenue, disposé de manière à se fermer automatiquement dans le cas où le sens normal du courant de vapeur viendrait à se renverser.

Art. 15. — Lorsqu'une chaudière est chauffée par les flammes perdues d'un ou plusieurs fours, tout le courant des gaz chauds doit, en arrivant au contact des tôles, être dirigé tangentiellement aux parois de cette chaudière.

A cet effet, si les rampants destinés à amener les flammes ne sont pas construits de façon à assurer ce résultat, les tôles exposées au coup de feu doivent être protégées, en face des débouchés des rampants dans les carneaux, par des murettes en matériaux réfractaires, distantes des tôles d'au moins 5^{cm} et suffisamment étendues dans tous les sens pour que les courants des gaz chauds prennent des directions sensiblement tangentielles aux surfaces des tôles voisines avant de les toucher.

Art. 16. — Sur toute chaudière à vapeur, ainsi que sur tout réchauffeur d'eau, sécheur ou surchauffeur de vapeur, les orifices des foyers, les boîtes à tubes et les boîtes à fumée sont pourvues de fermetures solides, établies de manière à empêcher, en cas d'avarie, les retours de flamme ou les projections d'eau et de vapeur sur les ouvriers.

Dans les chaudières à tubes d'eau et les surchauffeurs, les portes de foyers et les fermetures de cendriers seront disposées de manière à s'opposer automatiquement à la sortie éventuelle d'un flux de vapeur. Des mesures seront prises pour qu'un semblable flux ait toujours un écoulement facile et inoffensif vers le dehors.

Art. 17. — La chambre de chauffe de toute chaudière et de tout surchauffeur à foyer doit être de dimensions suffisantes pour que toutes les opérations de la chauffe et de l'entretien courant s'effectuent sans danger. Elle doit offrir aux chauffeurs des moyens de retraite faciles dans deux directions au moins. Elle doit être bien éclairée.

Les plates-formes des massifs doivent posséder des moyens d'accès aisément praticables. Tout travail à poste fixe est interdit sur ces massifs, sauf pour le service de la chaufferie.

La ventilation des locaux où sont installés les chaudières ou groupes générateurs doit être assurée et de telle manière que la température n'y soit jamais exagérée.

Art. 18. — Les vases clos chauffés à feu nu dans lesquels l'eau est portée à une température de plus de 100°, sans que le chauffage ait pour effet de produire un débit de vapeur, sont considérés comme chaudières à vapeur pour l'application du présent règlement.

Toutefois, les appareils de sûreté obligatoires sur une chaudière de cette sorte sont seulement les suivants :

1° Deux soupapes de sûreté, conformément à l'article 7, dans le cas où la capacité de la chaudière excède 100^{l} ; dans le cas contraire, une seule soupape remplissant d'ailleurs les conditions stipulées audit article ;

2° Un manomètre et une bride de vérification remplissant les conditions prescrites à l'article 9 ;

3° Deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, conformément à l'article 13, à moins que le mode d'emploi ne comporte nécessairement l'ouverture du vase entre les opérations successives auxquelles il sert. Dans ce cas, il peut



n'y avoir qu'un seul appareil indicateur du niveau de l'eau et cet appareil peut être réduit à un robinet de jauge, placé de manière à donner de l'eau tant que la condition de l'article 12 est remplie.

Titre II. — *Établissement des chaudières à vapeur placées à demeure.*

Art. 19. — Toute chaudière destinée à être employée à demeure ne peut être mise en service qu'après une déclaration adressée par celui qui fait usage du générateur au préfet du département. Cette déclaration est enregistrée à sa date. Il en est donné acte. Elle est communiquée sans délai à l'ingénieur en chef des mines.

Art. 20. — La déclaration fait connaître avec précision :

1° Le nom et le domicile du vendeur de la chaudière ou l'origine de celle-ci ;

2° Le nom et le domicile de celui qui se propose d'en faire usage ;

3° La commune et le lieu où elle est établie ;

4° La forme, la capacité et la surface de chauffe ;

5° Le numéro du timbre réglementaire ;

6° Un numéro distinctif de la chaudière, si l'établissement en possède plusieurs ;

7° Enfin le genre d'industrie et l'usage auquel elle est destinée.

Tout changement dans l'un des éléments déclaré entraîne l'obligation d'une déclaration nouvelle.

Art. 21. — Les chaudières et les groupes générateurs se classent, sous le rapport des conditions d'emplacement, en trois catégories.

Cette classification a pour base le produit $V(t-100)$, où t représente, en degrés centigrades, la température de vapeur saturée correspondant au timbre de la chaudière, conformément à la Table annexée au présent décret, et où V désigne, en mètres cubes, la capacité de la chaudière, y compris ses réchauffeurs d'eau et ses surchauffeurs de vapeur, mais abstraction faite des parties de cette capacité qui seraient constituées par des tubes ne mesurant pas plus de 10^{cm} de diamètre intérieur, ainsi que par les pièces de jonction entre ces tubes n'ayant pas plus de 1$^{cm^2}$ de section intérieure.

Lorsque plusieurs chaudières sont disposées de manière à pouvoir desservir une même conduite de vapeur, on forme la somme des produits ainsi définis, mais en ne comptant qu'une fois les réchauffeurs ou surchauffeurs communs.

Une chaudière ou un groupe générateur est de première catégorie quand le produit caractéristique ainsi obtenu excède 200, de deuxième quand il n'excède pas 200 mais excède 50, de troisième quand il est égal ou inférieur à 50.

Art. 22. — Les chaudières ou les groupes générateurs compris dans la première catégorie doivent être en dehors de toute maison d'habitation et de tout bâtiment fréquenté par le public. Ils doivent également, à moins que la nature de l'industrie ne s'y oppose, être en dehors de tout atelier occupant, à poste fixe, un personnel autre que celui des chauffeurs, des conducteurs de machines et de leurs aides. En aucun cas, les locaux où se trouvent ces appareils ne doivent être surmontés d'étages; toutefois, on ne considère pas comme un étage, au-dessus de l'emplacement d'une chaudière, une construction dans laquelle ne se fait aucun travail nécessitant la présence d'un personnel à poste fixe.

Art. 23. — Une chaudière ou un groupe générateur de première catégorie doit être au moins à 3^m de toute maison d'habitation et de tout bâtiment fréquenté par le public.

Lorsqu'une chaudière ou un groupe de première catégorie est placé à moins de 10^m d'une maison d'habitation ou d'un bâtiment fréquenté par le public, il en est séparé par un mur de défense.

Ce mur, en bonne et solide maçonnerie, est construit de manière à défiler la maison ou le bâtiment par rapport à tout point de la chaudière ou de l'une quelconque des chaudières distant de moins de 10^m, sans toutefois que sa hauteur dépasse de plus de 1^m la partie la plus élevée de la chaudière. Son épaisseur est égale au tiers au moins de sa hauteur, sans que cette épaisseur puisse être inférieure à 1^m en couronne. Il est séparé du mur de la maison voisine ou du bâtiment assimilé par un intervalle libre de 0^m,30 de largeur au moins.

Les distances de 3^m et de 10^m fixées ci-dessus sont réduites respectivement à 1^m,50 et à 5^m lorsque la chaudière est installée de façon que la partie supérieure de ladite chaudière se trouve à 1^m en contre-bas du sol, du côté de la maison voisine ou du bâtiment assimilé.

Art. 24. — Une chaudière ou un groupe générateur appartenant à la deuxième catégorie doit être en dehors de toute maison habitée et de tout bâtiment fréquenté par le public.

Toutefois, cette chaudière ou ce groupe peut être dans une construction contenant des locaux habités par l'industriel, ses employés, ouvriers et serviteurs et par leurs familles, à la condition que ces locaux soient séparés des appareils, dans toute la section du bâtiment, par un mur en solide maçonnerie de 0^m,45 au moins d'épaisseur, ou que leur distance horizontale soit de 10^m au moins de la chaudière ou du groupe.

Titre III. — *Chaudières locomobiles.*

Art. 25. — Sont considérées comme locomobiles les chaudières à vapeur qui peuvent être transportées facilement d'un lieu dans un autre, n'exigent aucune construction pour fonctionner sur un point donné et ne sont employées que d'une manière temporaire à chaque station.

Art. 26. — Les dispositions du Titre Ier sont applicables aux chaudières locomobiles, sauf les modifications suivantes :

1° Le cas d'une nouvelle installation prévu à l'article 3 est remplacé, pour les locomobiles, par le cas d'un changement de propriétaire ;

2° L'intervalle de 10 années, mentionné au même article 3, est réduit à 5 ans pour les locomobiles, à moins que ces appareils ne fonctionnent exclusivement dans les limites d'un même établissement ou ne soient affectés à un service public soumis à un contrôle administratif.

Art. 27. — Chaque chaudière porte une plaque sur laquelle sont inscrits, en caractères indélébiles et très apparents, le nom et le domicile du propriétaire et un numéro d'ordre, si ce propriétaire possède plusieurs chaudières locomobiles.

Art. 28. — Toute chaudière locomobile doit être, avant sa mise en service, l'objet d'une déclaration adressée par le propriétaire de l'appareil au préfet du département dans lequel ce propriétaire est domicilié. Les prescriptions des articles 19 et 20 s'appliquent à ce cas, sauf remplacement des indications de l'article 20 numérotées 2°, 3° et 6° par celles mentionnées à l'article 27.

L'ouvrier chargé de la conduite devra représenter à toute réquisition le récépissé de cette déclaration.

Titre IV. — *Chaudières des machines locomotives.*

Art. 29. — Les machines à vapeur locomotives sont celles qui, sur terre, travaillent en même temps qu'elles se déplacent par leur propre force, telles que les machines des chemins de fer et des tramways, les machines routières, les rouleaux compresseurs, etc.

Art. 30. — Les dispositions du titre Ier modifiées par l'article 26 sont applicables aux chaudières des machines locomotives. Ces machines doivent être pourvues de la plaque prescrite par l'article 27.



ART. 31. — Les dispositions de l'article 28, paragraphe 1er, s'appliquent également à ces chaudières.

ART. 32. — La circulation des machines locomotives a lieu dans les conditions déterminées par des règlements spéciaux.

TITRE V. — *Récipients.*

ART. 33. — Sont soumis aux dispositions suivantes les récipients de formes diverses, d'une capacité de plus de 100l, qui reçoivent de la vapeur d'eau empruntée à un générateur distinct. Sont exceptés toutefois :

1° Ceux dans lesquels des dispositions matérielles efficaces empêchent la pression effective de cette vapeur de dépasser 300 grammes par centimètre carré;

2° Les cylindres de machines, avec ou sans enveloppes, les enveloppes de turbines, les tuyauteries.

ART. 34. — Ces récipients sont soumis aux épreuves et assujettis à la déclaration, soit conformément aux articles 2 et 5, et aux articles 19 et 20, s'ils sont installés à demeure, soit conformément aux articles 26 et 28, s'ils sont mobiles. Dans ce dernier cas, l'article 27 leur est applicable.

ART. 35. — Tout récipient, dont le timbre n'est pas au moins égal à celui de la chaudière ou des chaudières dont il dépend, doit être garanti contre les excès de pression par une soupape de sûreté si sa capacité est inférieure à 1^{m^3}, ou par deux soupapes de sûreté si sa capacité atteint ou dépasse 1^{m^3}. Cette soupape ou ces soupapes doivent remplir, par rapport au timbre du récipient, les conditions fixées à l'article 7.

Elles peuvent être placées, soit sur le récipient lui-même, soit sur le tuyau d'arrivée de la vapeur, entre le robinet et le récipient.

ART. 36. — Lorsqu'un récipient ou un groupe de récipients formant un même appareil doit, en vertu de l'article 35, être muni d'une ou de deux soupapes de sûreté, il doit également être muni d'un manomètre et d'un ajutage remplissant les conditions spécifiées à l'article 9.

ART. 37. — Un récipient est considéré comme n'ayant aucun produit caractéristique, s'il ne renferme pas normalement d'eau à l'état liquide et s'il est pourvu d'un appareil de purge fonctionnant d'une manière efficace et évacuant l'eau de condensation à mesure qu'elle prend naissance. S'il n'en est pas ainsi, son produit caractéristique est le produit V (t — 100) calculé comme pour une chaudière.

Un récipient, installé à demeure, dont le produit caractéristique excède 200, doit être en dehors de toute maison habitée et de tout bâtiment fréquenté par le public.

TITRE VI. — *Dispositions générales.*

ART. 38. — Le ministre peut, sur le rapport des ingénieurs des mines, l'avis du préfet et celui de la commission centrale des machines à vapeur, accorder dispense de tout ou partie des prescriptions du présent décret, dans le cas où il serait reconnu que cette dispense ne peut pas avoir d'inconvénient.

ART. 39. — Les chaudières et récipients à vapeur en activité, ainsi que leurs appareils et dispositifs de sûreté, doivent être constamment en bon état d'entretien et de service.

La conduite des chaudières à vapeur ne doit être confiée qu'à des agents sobres et expérimentés.

L'exploitant est tenu d'assurer en temps utile les nettoyages, les réparations et les remplacements nécessaires.

A l'effet de reconnaître l'état de chaque appareil à vapeur et de ses accessoires, il doit faire procéder, par une personne compétente, aussi souvent qu'il est nécessaire et au minimum une fois chaque année, à l'examen défini à l'article 40.

Cet examen doit, notamment, avoir lieu dans chacun des cas mentionnés à l'article 3.

Lorsque l'appareil arrive à l'expiration de la période décennale ou quinquennale visée aux articles 3 et 26, il doit être procédé audit examen, soit préalablement à l'octroi du sursis prévu par ces articles, soit, si l'épreuve a lieu, aussitôt après cette épreuve.

ART. 40. — L'examen consiste dans une visite complète de l'appareil, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Le visiteur dresse, de chaque examen, un compte rendu mentionnant les résultats de l'examen et les défauts qui auraient été constatés. Ce compte rendu, daté et signé par le visiteur, doit être représenté par l'exploitant à toute réquisition du service des mines.

En ce qui concerne les appareils dont le délai de réépreuve périodique est fixé à cinq années par les articles 26, 30 et 34, l'exploitant est tenu d'envoyer en communication à l'ingénieur des mines chaque compte rendu d'examen dressé conformément aux dispositions qui précèdent.

ART. 41. — L'exploitant doit tenir un registre d'entretien, où sont notés à leur date, pour chaque appareil à vapeur, les épreuves, les examens intérieurs et extérieurs, les nettoyages et les réparations. Ce registre doit être coté et paraphé par un représentant de l'autorité chargée de la police locale. Il est présenté à toute réquisition des fonctionnaires du service des mines.

ART. 42. — Les appareils mobiles sont assujettis aux mêmes conditions d'emplacement que les appareils fixes, lorsqu'ils restent pendant plus de six mois installés pour fonctionner sur le même emplacement.

ART. 43. — Les conditions fixées par les articles 7 et 12 ainsi que celles relatives à l'emplacement des chaudières et des récipients, ne sont pas applicables aux appareils installés ou mis en service avant la promulgation du présent décret et satisfaisant, sur ces points, aux règlements antérieurs.

ART. 44. — Les contraventions au présent règlement sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux lois.

ART. 45. — En cas d'accident ayant occasionné la mort ou des blessures, le chef de l'établissement doit prévenir immédiatement le maire de la commune et l'ingénieur des mines chargé de la surveillance. L'ingénieur se rend sur les lieux, dans le plus bref délai, pour visiter les appareils, en constater l'état et rechercher les causes de l'accident. Il rédige sur le tout :

1° Un procès-verbal des constatations faites qu'il adresse à l'ingénieur en chef et que celui-ci fait parvenir au procureur de la République avec son avis ;

2° Un rapport qui est adressé au préfet, par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef.

Si l'ingénieur des mines délègue le contrôleur subdivisionnaire des mines pour se rendre sur les lieux, ce dernier établit et signe le procès-verbal et le rapport. Il les adresse à l'ingénieur des mines et celui-ci les transmet avec ses observations à l'ingénieur en chef, qui procède comme il est dit ci-dessus.

En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort ni blessure, le chef de l'établissement n'est tenu de prévenir que l'ingénieur des mines. L'enquête est faite sur place par l'ingénieur ou, par délégation de l'ingénieur, par le contrôleur subdivisionnaire. L'ingénieur ou le contrôleur qui a procédé à l'enquête rédige un rapport qui est adressé au préfet comme dans le premier cas.

En cas d'explosion, les constructions ne doivent point être réparées et les fragments de l'appareil rompu ne doivent point être déplacés ou dénaturés avant la constatation de l'état des lieux par l'ingénieur.

ART. 46. — Par exception, le ministre pourra confier la surveillance des appareils à vapeur aux ingénieurs ordinaires

et aux conducteurs des ponts et chaussées, sous les ordres de l'ingénieur en chef des mines de la circonscription.

Art. 47. — Les appareils à vapeur qui dépendent des services spéciaux de l'État sont surveillés par les fonctionnaires et agents de ces services.

Art. 48. — Les attributions conférées aux préfets des départements par le présent décret sont exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

Art. 49. — Sont rapportés les décrets du 30 avril 1880 et du 29 juin 1886.

Art. 50. — Le ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Rambouillet, le 9 octobre 1907.

A. Fallières.

Par le Président de la République :

Le ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Louis Barthou.

Table donnant la température (en degrés centigrades) de l'eau correspondant à une pression donnée (en kg : cm² effectifs).

VALEURS CORRESPONDANTES			
de la pression effective en kg : cm².	de la température en degrés centigrades.	de la pression effective en kg : cm².	de la température en degrés centigrades.
0.5	111	10.5	185
1.0	120	11.0	187
1.5	127	11.5	189
2.0	133	12.0	191
2.5	138	12.5	193
3.0	143	13.0	194
3.5	147	13.5	196
4.0	151	14.0	197
4.5	155	14.5	199
5.0	158	15.0	200
5.5	161	15.5	202
6.0	164	16.0	203
6.5	167	16.5	205
7.0	170	17.0	206
7.5	173	17.5	208
8.0	175	18.0	209
8.5	177	18.5	210
9.0	179	19.0	211
9.5	181	19.5	213
10.0	183	20.0	214

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société toulousaine d'Électricité. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale du 31 mai 1907, nous extrayons les renseignements qui suivent :

Fourniture d'énergie électrique. — Les recettes provenant des abonnements d'éclairage et de force motrice s'élèvent à la somme totale de 807231^{fr},16, soit une augmentation de 37841^{fr},87 sur celles de l'exercice 1905.

La recette totale se décompose comme suit :

Éclairage....................	678695^{fr},61
Force motrice................	128535^{fr},55

Dans le total ci-dessus, la fourniture d'énergie électrique au compteur entre pour 284550^{fr},50, en augmentation d'environ 50000^{fr} sur l'exercice 1905. Le solde des recettes est représenté par les abonnements à forfait.

La tendance actuelle est de remplacer de plus en plus la fourniture à forfait par l'abonnement au compteur.

	fr
Compte d'exploitation. — Nos recettes totales d'exploitation, y compris les sous-locations et les bénéfices sur ventes et travaux, se sont élevées à.	908379,17
Le total des dépenses d'exploitation s'élève à..	558588,56
laissant ainsi un excédent de recettes de........	349790,61
En comparant ces résultats à ceux de l'exercice précédent, nous constatons une augmentation de recettes de..................................	38067,49
contrebalancée en partie par une augmentation de dépenses de................................	6490,15
soit, en résumé, une amélioration de...	31577,34

en faveur de l'exercice 1906.

Cette amélioration eût été plus sensible si nous n'avions pas eu à faire face à une dépense de charbon extraordinaire, par suite de la sécheresse exceptionnelle de l'automne. Cette dépense s'est élevée au total de 19381^{fr},50, tandis qu'en 1905 la dépense d'huile et combustible n'était que de 5721^{fr},38.

En dehors de cette augmentation, l'ensemble des dépenses d'exploitation a subi une légère diminution.

Bilan. — Nous avons procédé à une revision du bilan, en modifiant la nomenclature des divers chapitres, de manière à la mettre en harmonie avec la classification adoptée par d'autres entreprises électriques importantes, et à tenir compte des extensions en cours.

Le bilan social au 31 décembre 1906, tel que nous le reproduisons en annexe, est suffisamment explicite pour que nous n'entrions pas dans plus de détails.

Notons toutefois que les amortissements prévus sur l'exercice 1906, soit 87976^{fr},92, ont été portés au passif sous la désignation « Amortissements », tandis que précédemment les amortissements étaient portés directement en diminution de l'actif.

Nous avons distingué deux fonds d'amortissements, l'un relatif au chapitre « Constructions », qui doit être complètement amorti au 10 novembre 1937, et l'autre applicable à la généralité de nos installations.

A titre de renseignement, nous pouvons indiquer que, dès l'origine de notre entreprise, jusques et y compris l'exercice 1905, il a été prélevé sur les bénéfices, pour amortissements, une somme totale de 748358^{fr},73, dont 295535^{fr},15 sur le chapitre « Constructions » et 452823^{fr},58 sur les autres parties des installations.

Ces sommes ont été déduites au fur et à mesure des chapitres du bilan auxquels elles se rapportent, de sorte que les chiffres qui paraissent dans le bilan actuel sont nets, c'est-à-dire amortissements jusqu'à fin 1905 déduits.

Profits et Pertes. — Le compte de Profits et Pertes, dans la nouvelle forme sous laquelle il vous est présenté, met mieux en évidence le résultat général de l'exercice, soit les charges financières imposées par le service des obligations et autres emprunts et la part des bénéfices bruts de l'exploitation consacrée aux amortissements industriels.

Ainsi qu'il résulte du compte ci-annexé, le service des intérêts représente une dépense totale de 177793^{fr},50, dont 163382^{fr},50 pour le service des obligations et 14411^{fr} sur emprunts divers et comptes de banque.

Nous avons attribué aux amortissements une somme totale de 87976^{fr},92, comme suit :

1° Sur le chapitre « Constructions »........... 33976^{fr},92
correspondant à l'amortissement en 31 ans des constructions et travaux faisant retour gratuit à la

Société du Bazacle et figurant à l'actif du bilan pour 1053284fr,76;

	fr
2° Sur l'ensemble des installations	54000 »
Ces amortissements effectués et après déduction des intérêts aux obligations et divers, le solde disponible de l'exercice 1906 s'élève à	84020,19
A ce solde s'ajoute le report de l'exercice 1905.	778,90
ce qui laisse au compte de Profits et Pertes un solde disponible de	84799,09

Nous vous proposons de répartir ce solde de la façon suivante :

A la réserve légale, un vingtième, soit	4201 »
Dividende de 5 pour 100 aux actions	80000 »
Report à nouveau	598,09
Total	84799,09

Notons ici qu'il a déjà été distribué par anticipation un acompte de 2,5 pour 100 sur le dividende de 1906, soit 40000fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1906.

Actif.

Constructions et installations hydrauliques sur le « Bazacle »		1053284,76
Installations d'usines restant propriété de la Société		855030,61
Réseaux à courant continu et sous-stations		1440842,95
Installations d'abonnés, compteurs		239136,92
Mobilier et outillage, laboratoire		49100,99
Clientèle et fonds de commerce		971567,11
Matériel et marchandises en magasin		220857,47
Entreprises accessoires		60251,11
Disponibilités :	fr	
Caisse	3266,82	
Banquiers	44281,27	
		47548,09
Débiteurs divers		203510,72
Portefeuille		111012,60
Primes de remboursement et frais d'émission des obligations		160253,70
Extensions en cours (acquisitions de terrains).		56833,50
Acompte sur dividende		40000 »
Total de l'Actif		5509230,53

Passif.

Capital (Actions)		1600000 »
Obligations		3202700 »
Réserve légale		89015,23
Créditeurs divers		295886,11
Coupons à payer		14637,33
Effets à payer		134215,85
Amortissements (1) :	fr	
a. Sur le chapitre Constructions.	33976,92	
b. Sur l'ensemble des Installations	54000 »	
		87976,92
Profits et Pertes		84799,09
Total du Passif		5509230,53

(1) Les amortissements effectués dès l'origine de la Société, jusques et y compris l'exercice 1905, représentent un total de 748358fr,73 porté en diminution de l'actif.

COMPTE GÉNÉRAL D'EXPLOITATION DU 1er JANVIER AU 31 DÉCEMBRE 1906.

Dépenses.

Frais d'administration et d'exploitation	558588,56
Balance à compte de Profits et Pertes	349790,61
Total	908379,17

Recettes.

Recettes de l'exploitation	908379,17
Total	908379,17

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Dépenses.

Intérêts aux obligataires :		
Emprunt au taux de 5,25 pour 100.	88410 »	
» 5 pour 100	74972,50	
		163382,50
Primes de remboursement, intérêts sur emprunts et comptes de dépôt		14411 »
Amortissements :		
Sur Constructions	33976,92	
Sur l'ensemble des Installations	54000 »	
		87976,92
Balance		84799,09
Total		350569,51

Recettes.

Report de l'exercice 1905	778,90
Solde du compte général d'exploitation de 1906.	349790,61
Total	350569,51

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération : PROJET D'USINE HYDRAULIQUE NOUVELLE DANS LE CANTON DE GENÈVE. — En raison de ses besoins toujours croissants d'énergie électrique, le canton de Genève a depuis déjà longtemps décidé d'utiliser la chute du Rhône, entre l'usine de Chèvres et la frontière franco-suisse. Afin de rechercher la solution qui convenait le mieux, un concours fut ouvert. Sept projets parvinrent au Conseil administratif avant le 31 août, dernier délai fixé par le programme du concours; deux autres projets ne parvinrent que le 2 septembre et, pour cette raison, ne purent être admis au concours. Après examen des sept projets mentionnés le jury, dans sa séance du 9 octobre dernier, a décidé d'accorder : le premier prix au projet de M. K.-E. Zschokke, ingénieur à Aarau; le deuxième à MM. Autran, ingénieur, et Streit-Baron, entrepreneur, à Genève; le troisième à M. Nivert, ingénieur, à Chamonix; le quatrième à M. Clément Herschell, ingénieur, à New-York, d'une part, et à M. Butticaz, ingénieur, à Lausanne. Dans ces divers projets, deux solutions, dites *solution d'aval* et *solution d'amont*, suivant la position de l'usine projetée, étaient envisagées; le jury, après discussion, a été unanime pour émettre l'avis qu'il convenait d'écarter la solution aval en raison des inconvénients de natures diverses qui peuvent résulter de la digue de grande longueur qu'elle nécessiterait.

USINE HYDRAULITIQUE D'ISOLA (ITALIE). — D'après une Communication de la Chambre de Commerce de la

Spezzia, la Societa idroelettrica Ligure aura achevé l'installation de cette usine dans quelques semaines. Quatre réservoirs d'une contenance totale de 6000000$^{m^3}$ ont été construits sur l'Apennin de Parme et Massa pour recueillir les eaux des crues des torrents; 16^{km} de canaux relient ces réservoirs et conduisent l'eau dans un bassin artificiel qui domine de 360^{m} l'usine génératrice dont la puissance est de 13000 chevaux. Une partie de cette puissance sera transmise par courants triphasés à 33000 volts et 42 périodes par seconde à l'arsenal de la Spezzia; une autre sera envoyée sur le versant de l'Adriatique pour desservir Parme, Reggio et Modène.

Traction. — La Compagnie des Chemins de fer de l'Espagne se propose de faire un essai de traction électrique sur une portion de 22^{km} de longueur, présentant une rampe à peu près uniforme de 2,75 pour 100, de la ligne Linarès-Almeria, dont la longueur totale est de 230^{km}. La traction se fera par locomotives à courants triphasés distribués à 5500 volts; ces locomotives seront à deux essieux et d'une puissance de 230 kilowatts; deux seront nécessaires pour remonter les trains de 150^{t} à 300^{t} à la vitesse de 25 km : h; pour le service du triage une seule suffira. La Société Brown-Boveri, de Baden, a été chargée de la partie principale des installation et de la fourniture de 5 locomotives.

Eclairage : Lampe Orion a filament métallique. — Aux lampes Z et Osmin dont nous parlions dans le numéro du 15 novembre, nous devons ajouter la lampe Orion. Cette lampe, vendue en France par la Société française des lampes à incandescence de faible consommation, 17, rue Saussier-Leroy, est actuellement fabriquée en Allemagne, mais ne tardera pas à être construite en France par la Société ci-dessus. L'intensité lumineuse est, suivant le modèle, de 25, 40 ou 50 bougies; la tension d'alimentation est de 100 à 130 volts; d'après les essais, la consommation serait de 1 watt par bougie; la durée, de 800 à 1000 heures; la baisse d'intensité lumineuse, de 4 pour 100 au bout de 500 heures et de 7 pour 100 au bout de 800 heures.

Électrochimie : La fabrication de la cyanamide. — D'après le *Journal de l'Électrolyse* du 1er décembre, la plupart des sociétés qui se sont constituées pour exploiter les licences de la Societa generale per la Cianamide, de Rome, n'ont pas encore mis en exploitation leurs usines. La fabrication n'est guère commencée qu'à l'usine italienne de Piano d'Orte, sur le Pescara (province de Rome), où elle a été, en 1906, de 12000^{t} d'une valeur de 288000^{fr} (240^{fr} la tonne), mais sera beaucoup plus importante cette année, et à l'usine de la Cyanid Gesellschaft, de Berlin, sur la fabrication de laquelle on n'a pas de renseignement. Cette dernière Société a intenté un procès à la Gesellschaft für Stickstoffdünger, propriétaire des brevets du procédé Polzeniusz pour la fabrication d'un produit similaire à la cyanamide; ce procès n'est pas encore jugé. L'installation dont la mise en exploitation est la plus prochaine est celle qu'a faite la Société française des produits azotés dans l'usine de Notre-Dame de Briançon (Savoie) de la Société des Carbures métalliques. En Norvège, la North Western Cyanamide C^{o} construit à Odda une usine dont l'alimentation en carbure de calcium sera assurée par l'usine, toute proche, de l'Alby United Carbid Factories. Aux États-Unis, l'American Cyanamid C^{o} se propose de construire une usine hydraulique de 20000^{t} par an, à Muscle Shoals, sur le Tennessee (Alabama), près du grand district houiller et sidérurgique de Birmingham, où le coke est à très bon marché et le calcaire d'excellente qualité; près également des gisements de phosphate de calcium du Tennessee, ce qui permettra de faire des mélanges constituant des engrais complets; enfin, dans le voisinage des régions agricoles du bassin du Mississipi.

Divers : La patente des usines alimentées par l'électricité. — On sait que l'Administration des Contributions directes émet la prétention d'ajouter, pour le calcul de la patente, à la valeur locative des usines achetant de l'énergie électrique comme force motrice, le montant total du prix d'achat de ce courant. Un grand nombre de consommateurs d'énergie électrique ont eu, de ce fait, leur patente augmentée dans des proportions considérables. C'est ainsi qu'une compagnie de tramways ayant renoncé à produire elle-même l'énergie électrique qui lui était nécessaire et ayant passé avec une autre société un contrat de fourniture de courant, en laissant à celle-ci le droit de se servir de son installation à vapeur comme appareil de secours, a vu la valeur locative de 12000^{fr} sur laquelle elle était imposée, augmentée de 125000^{fr}, soit plus de 1000 pour 100, cette somme de 125000^{fr} représentant le prix payé par elle pour la fourniture d'énergie. — La Chambre de commerce de Lille vient de joindre ses très vives protestations à celles des nombreuses Chambres de commerce qui s'étaient déjà prononcées sur cette importante question. Parmi les raisons invoquées par sa commission de législation pour combattre la prétention de l'Administration des Contributions directes, nous relevons les suivantes :

« Le courant électrique est, pour l'industrie, un produit nécessaire, au même titre que le charbon, le gaz, le pétrole, l'air comprimé, etc., et l'Administration ne saurait avoir à se préoccuper sous quelle forme arrivent à l'industrie des produits qui, par leur nature même, ne peuvent entrer dans le calcul de la valeur locative.

« Le législateur, d'ailleurs, en frappant d'un droit proportionnel les moyens matériels de production, a bien spécifié qu'il ne s'agissait que des machines et outillage, à l'exclusion de toutes matières premières ou produits quelconques servant au fonctionnement de ces machines. Ce principe, consacré d'ailleurs par la jurisprudence, n'avait pas été jusqu'ici contesté par l'Administration, et l'évaluation de la valeur locative des moyens matériels de production était faite à l'état de repos comme elle l'eût été entre bailleur et locataire. Jamais elle n'a songé à taxer le charbon, le gaz, l'air comprimé, etc. »

La Chambre de commerce a, de plus, estimé que les prétentions du fisc constituaient une flagrante injustice, en frappant le consommateur d'un droit qui constitue un impôt de superposition que ne sanctionne aucun article de loi.

Tome VIII. **N° 96. — 30 décembre 1907.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

Enroulements à pas divisés pour moteurs d'induction, par C.-A. ADAMS, W.-K. CABOT et G.-E. IRVING (*Proceedings of American Institute of Electrical Engineers*, t. XXVI, août 1907, p. 1245 à 1265). — Peu de constructeurs se sont préoccupés de l'amélioration de l'induit, dans les alternateurs et moteurs d'induction, au point de vue de la dispersion du flux. Cette dernière est pourtant le facteur prépondérant de la chute de tension sous charges fortement inductives, et la diminution de la dispersion marche de front avec la saturation des inducteurs, car une faible diminution de la première donne lieu à une diminution importante du courant d'excitation pour la marche en charge. La dispersion peut être diminuée, non seulement par celle des ampères-tours-centimètres de l'induit, mais encore par la *division en plus grand nombre d'encoches par pôle*.

C'est ce que MM. Adams, Cabot et Irving ont voulu démontrer dans cette étude.

Depuis plusieurs années, en effet, quelques grands constructeurs américains ont utilisé les enroulements à *pas divisés* pour les moteurs d'induction et les alternateurs, plus cependant pour les premiers que pour les seconds. Le principal but des auteurs est de développer une méthode permettant de calculer les effets de ces enroulements, en laissant de côté pour plus tard son application aux moteurs en cage d'écureuil. Nous donnons ci-dessous une traduction presque littérale de cette étude.

THÉORIE. — Le moteur d'induction idéal est celui qui a un très grand nombre d'enroulements en phase, placés symétriquement, dont le pas soit complet aussi bien sur les armatures primaires que secondaires. Dans ce cas, la densité du flux à travers l'entrefer, les courants primaires et secondaires seront distribués, à chaque instant, d'une façon sinusoïdale, autour de la périphérie de l'entrefer, et ces distributions tourneront autour de la périphérie à une vitesse synchronique.

La différence principale entre cette machine théorique et celle actuelle, est que, dans cette dernière, le nombre de phases est faible, et il doit donc exister plusieurs conducteurs adjacents, ou barres, qui conduisent, au même instant, le même courant, formant ainsi ce qu'on peut appeler une *ceinture de conducteurs* dans lesquels le courant croît et décroît comme dans un seul. De chaque côté de cette boucle est une autre, dans laquelle le courant diffère en phase de la première d'un angle considérable, 60° dans les moteurs triphasés et 90° dans ceux diphasés. Le courant varie donc, de point en point, autour de la périphérie, par bonds,

tandis que dans le moteur idéal, la variation se fait graduellement.

C'est un fait connu, démontré aussi bien par la théorie que par l'expérience, que même dans un moteur d'induction, dont le secondaire en cage d'écureuil a une faible résistance, alimenté avec des forces électromotrices harmoniques simples, le flux dans l'entrefer est, à chaque instant, à peu près sinusoïdal, en négligeant l'effet des encoches ouvertes.

Même dans le cas d'un secondaire enroulé en phase, le terrain de calcul le plus propice est l'hypothèse d'un flux périphérique sinusoïdal, quoiqu'on puisse soutenir qu'une telle distribution n'existe pas en fait.

Facteur différentiel. — Lorsqu'un flux, réparti harmoniquement, tourne autour de la périphérie de l'entrefer, il induit dans les conducteurs des encoches une force électromotrice simple. Si cette encoche est l'une des trois, par pôle et par phase, d'un moteur triphasé, trois forces électromotrices harmoniques, différant en phase de 20°, seront induites dans les conducteurs de ces trois encoches de la même phase, forces électromotrices qui s'ajouteront vectoriellement pour donner une résultante dont la valeur est d'environ 0,96 de leur somme numérique.

Cette faible perte d'action dans la production de la force électromotrice, due à ce fait que différents conducteurs de même phase sont à certains moments le siège de forces électromotrices de signes contraires, s'appelle *action différentielle,* puisque les conducteurs d'une même phase coupent différemment le flux. De même le facteur (ici 0,96) par lequel on doit multiplier la force électromotrice numérique totale, pour obtenir la force électromotrice actuelle, s'appelle *facteur différentiel* (*differential factor*). Mais l'action différentielle (*differential action*) de ces sections en phase n'a pas lieu seulement dans la génération de la force électromotrice; elle apparaît aussi, d'une façon analogue, dans la production dans ces boucles d'une force électromotrice due au courant, c'est-à-dire qu'il faut ici un plus grand courant par phase, pour obtenir une force électromotrice donnée, que dans le moteur idéal.

Si le secondaire est muni d'un enroulement de phase ordinaire, les sections de cet enroulement seront soumises à la même action différentielle, aussi bien dans la production de la force électromotrice que dans celle du couple dû à la réaction du courant sur le flux d'entrefer. D'ailleurs, dans ce dernier cas, la superposition d'une section de phase secondaire par celle de deux autres primaires ou inversement, occasionne des flux locaux traversant l'entrefer, qui ont leurs composantes en phases à la fois avec les courants primaires et secondaires, ce qui donne naissance à des forces électromotrices en quadrature. C'est donc une autre forme de l'action différentielle.

Le phénomène qu'introduisent les enroulements à pas divisé (*fractional pitch*) se rapporte beaucoup à ce type et peut être traité de la même façon. Ainsi, si des bobines ayant un pas ou une développante de moins de 180°, au sens électrique, sont utilisées pour l'enroulement d'un moteur d'induction, cela aura pour effet de faire tourner une des couches d'enroulements d'un certain angle autour de sa position de pas complet (*full pitch*), ce que l'on voit sur la figure 1 qui donne le schéma d'un enroulement triphasé à 4 pôles. Les bobines positives ou reliées en arrière y sont représentées en traits gros; celles négatives ou reliées en avant sont en traits légers. Les deux enroulements de phase sont représentés par les mêmes lettres et chiffres. La superposition des courants de différentes phases, dans les mêmes encoches, est ici tout à fait évidente.

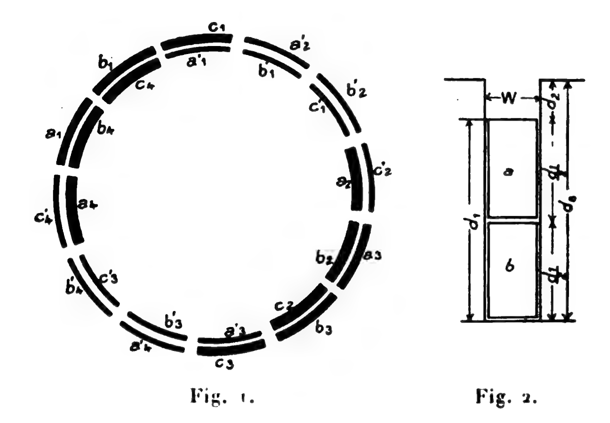


Fig. 1. Fig. 2.

Pertes dans les encoches. — La réactance due à cette portion de fuite du flux qui traverse une encoche, en rencontrant plus ou moins de conducteurs, peut s'exprimer par la formule

$$x_s = 2\pi n \Phi_s N_{cs}^2 l \frac{N_t}{p'} 10^{-8} \ldots,$$

dans laquelle :

n est la fréquence; Φ_s, le flux par ampère et unité de longueur de l'encoche; N_{cs}, le nombre de conducteurs par encoche; l, la longueur du noyau d'armature; N_t, le nombre total d'encoches; p', le nombre de phases.

Aucune de ces quantités n'est influencée par un changement du pas de l'enroulement, sauf Φ_s. Ce changement donnera donc une mesure de l'effet du pas divisé sur la fuite dans les encoches.

Désignons par θ le pas des bobines (*coil pitch*) en degrés électriques, et par $\beta = 180° - \theta$ la différence du pas avec π. Si la machine en question a un très grand nombre de phases, les deux côtés de la bobine situés dans une encoche donnée seront, en général, le siège de courants qui diffèrent en phase de β degrés, et la composante de l'un de ces courants, en phase avec l'autre, sera proportionnelle à $\cos\beta$. Si le produit des inductances des côtés des bobines est égal au carré de leur induction mutuelle, c'est-à-dire s'il n'y a aucune perte relative de flux entre eux, le rapport de la fuite moyenne de flux qui traverse l'un à ce qu'il serait si le pas était complet et s'il n'y avait pas de différence de phases entre les deux courants serait

$$\frac{1 + \cos\beta}{2} = \cos^2\frac{\beta}{2} = \sin^2\frac{\theta}{2} = k_p,$$

k_p peut s'appeler le *facteur de pas* des encoches, pour

les deux conditions mentionnées plus haut. Mais aucune d'elles n'existe en pratique.

Considérons d'abord la perte relative entre les deux côtés des bobines de la même encoche. En nous reportant à la figure 2, le flux embrassé par la bobine b, par pouce de longueur d'encoche pour un courant de 1 ampère dans b, est

$$\Phi_{bb} = \frac{3,2}{w}\left(\frac{d_1}{6} + \frac{d_1}{2} + d_2\right).$$

Le flux embrassé par b, par pouce de longueur d'encoche et pour un courant de 1 ampère dans a, est

$$\Phi_{ab} = \frac{3,2}{w}\left(\frac{d_1}{4} + d_2\right).$$

Mais le courant dans a diffère en phase de celui dans b d'un angle β, et la composante de Φ_{ab}, en phase avec Φ_{bb}, est

$$\Phi_{ab}\cos\beta.$$

Dans ces conditions, le flux total, en phase, embrassé par b, par pouce d'encoche et pour un courant de 1 ampère réparti uniformément sur toute la section du cuivre de l'encoche, est

$$\Phi_b = \frac{\Phi_{bb} + \Phi_{ab}\cos\beta}{2} = \frac{3,2}{w}\left[\left(\frac{d_1}{3} + \frac{d_2}{2}\right) + \cos\beta\left(\frac{d_1}{8} + \frac{d_2}{2}\right)\right].$$

De même, on aura

$$\Phi_{aa} = \frac{3,2}{w}\left(\frac{d_1}{6} + d_2\right)$$

et

$$\Phi_{ba} = \frac{3,2}{w}\left(\frac{d_1}{4} + d_2\right),$$

c'est-à-dire

$$\Phi_a = \frac{\Phi_{aa} + \Phi_{ba}\cos\beta}{2} = \frac{3,2}{w}\left[\left(\frac{5}{24 d_1} + \frac{d_2}{2}\right) + \cos\beta\left(\frac{d_1}{8} + \frac{d_2}{2}\right)\right].$$

Maintenant, puisque chaque bobine a un côté à l'extrémité et l'autre au commencement d'une encoche, la perte moyenne de flux par ampère-pouce de l'encoche sera

$$(2) \qquad \Phi_s = \frac{\Phi_a + \Phi_b}{2} = \frac{3,2}{w}\left[\frac{d_1}{12} + \left(\frac{d_1}{4} + d_2\right)\left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right)\right]$$

ou

$$\Phi_s = 0,267\frac{d_1}{w} + \frac{3,2}{w}\left(\frac{d_1}{4} + d_2\right)\sin^2\frac{\theta}{2}.$$

Il y a ainsi une petite portion $\left(0,267\frac{d_1}{w}\right)$ de la perte dans l'encoche qui est indépendante du pas de la bobine; c'est précisément cette partie qui se trouve entre les deux bobines et disparaîtrait si ces dernières étaient placées côte à côte au lieu d'être superposées. Muni de cette correction, le facteur de pas (*pitch factor*) devient

$$(3) \qquad k_p = \frac{\frac{d_1}{12} + \left(\frac{d_1}{4} + d_2\right)\left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right)}{\frac{d_1}{12} + \left(\frac{d_1}{4} + d_2\right)}.$$

Si l'encoche est partiellement fermée, l'augmentation résultante de Φ_s est commune aux deux bobines et n'introduirait de changement dans la formule (2) que dans le pas de la bobine.

Sur la figure 3, la courbe A donne les valeurs de $\frac{1 + \cos\beta}{2}$ correspondant aux différentes valeurs du pas des bobines; la courbe B donne les valeurs correspondantes de k_p de l'équation (3) pour un moteur à encoches ouvertes, dans lequel les bobines occupent environ 80 pour 100 de la profondeur. Si les encoches sont en partie ou totalement fermées, la partie constante de l'équation (2) diminue relativement, et la courbe de k_p s'infléchira pour s'approcher plus près de A.

Dans tout ce que nous venons de voir, nous avons pris un très grand nombre de phases; considérons maintenant le contraire, et prenons, par exemple, un moteur diphasé avec pas $\frac{3}{4}$ ($\beta = 45°$); k_p tiré de la courbe B (*fig.* 3) est égal à 0,88. Les deux couches

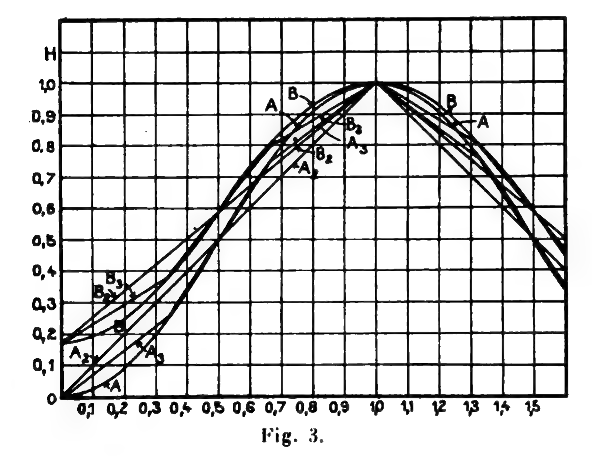


Fig. 3.

de l'enroulement seront comme sur la figure 4, où les phases relatives des courants sont indiquées. Considérons la bobine 0°; sa moitié couvre une bobine 0° de la partie inférieure; le facteur du pas (*pitch factor*), pour cette moitié, est donc 1; l'autre moitié recouvre une bobine 90° de la partie inférieure à laquelle correspond un facteur de pas de 0,585. Donc le facteur moyen de la bobine est 0,792, tandis que la courbe B et l'équation (3) donnent 0,88.

Si le pas de la bobine n'est pas complet, c'est-à-dire s'il manque une ou plusieurs sections entières, les conditions sont exactement les mêmes que celles pour lesquelles la courbe B de la figure 3 a été calculée. D'ailleurs cette courbe donnera le facteur exact pour un

moteur triphasé avec pas $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$, et pour un moteur diphasé avec pas $\frac{1}{2}$. Une simple considération montre que, entre ces points, le facteur actuel suit une loi linéaire.

Pas $\frac{3}{4}$ Diphasé
0° 90° 180°
0° 90° 180° 270°
0° 45° 90° 135° Phase } Résultante
1 707 1 707 Amplitude }

Pas $\frac{3}{4}$ Triphasé
0° 60° 120°
0° 60° 120° 180°
0° 30° 60° 90° 120° Phase } Résultante
1 0,866 1 0,866 1 Amplitude }

Fig. 4 et 4 *a*.

Sur la figure 3, les courbes B_2 et B_3 montrent les variations de k_p, respectivement pour des moteurs diphasés ou triphasés; A_1 et A_2 montrent les mêmes facteurs, mais en ne tenant pas compte des pertes entre les deux côtés de bobines situées dans la même encoche.

Pertes relatives aux extrémités des dents ou pertes en « zigzag ». — L'expression de cette perte est du même genre que celle des encoches

$$(4) \qquad x_{tt} = 2\pi n \Phi_{tt} N_{sc}^2 l \frac{N_t}{p'} 10^{-8},$$

où Φ_{tt} est le flux à l'extrémité des dents par *ampère-pouce* d'encoche sur le primaire et le secondaire.

Aussi loin qu'on considère l'effet du pas divisé, ce dernier va de pair avec la fuite dans l'encoche, fuite qui traverse celle-ci au-dessus des conducteurs, puisqu'elle est commune aux deux côtés des bobines. Le facteur du pas sera donc montré sur les lignes A_2 et A_3 de la figure 3.

Perte aux extrémités des bobines. — La réactance due aux extrémités des bobines sera donnée par la relation

$$(5) \qquad \left\{ \begin{aligned} x_f &= 2\pi n \Phi_f \left(\frac{N}{2p}\right)^2 l_c 10^{-8}, \\ x_f &= \frac{2\pi}{4} n \Phi_f \frac{N^2}{p} l_c, \end{aligned} \right.$$

où Φ_f est le flux par ampère-pouce de la section complète en phase ou d'extrémité des bobines; p le nombre de paires de pôles; N les conducteurs par phase, et l_c la longueur des deux extrémités de la bobine. Dans l'équation (5), il y a deux termes qui varient en même temps que le pas : ce sont l_c qui varie d'une façon simple et Φ_f d'une façon pas aussi précise.

Pour une bobine circulaire dans l'air, Φ_f, le flux embrassé par un pouce de la bobine comme un tout, par ampère réparti uniformément à travers la section de la bobine, est proportionnel au logarithme du rapport du diamètre de la bobine à la diagonale de sa section de coupe, à condition que ce rapport soit grand. Pour les bobines, dans le genre de celles employées sur les moteurs d'induction, cette relation subsiste d'une façon générale seulement, surtout quand on tient compte de l'effet d'induction mutuelle de bobines voisines et lorsque le pas est divisé. Cependant, dans les limites pratiques, Φ_f augmenterait d'une façon à peu près logarithmique avec le pas de la bobine et la courbe, représentant cette relation, tendrait vers zéro, ce qui n'a pas lieu pour le pas.

Considérons maintenant l'effet d'induction mutuelle de phases voisines : pour des pas inférieurs à 1, celui-ci décroît à peu près dans le même rapport que l'effet de self-induction, ce qui ne change pas beaucoup l'allure générale de la courbe. Mais pour des valeurs du pas supérieures à 1, l'effet d'induction mutuelle de phases opposées commence à compter et à réduire sensiblement l'autre valeur de Φ_f. Alors la courbe montrant la relation entre Φ_f et le pas de la bobine serait d'une forme générale logarithmique tendant vers zéro, alors que le pas est très petit mais non nul, et tombant au-dessous de la courbe logarithmique pour des pas supérieurs à 1. Celle-ci est, en fait, à peu près la courbe trouvée par l'expérience.

Perte dans la section. — La réactance de la section peut s'écrire :

$$x_b = 2\pi n \Phi_b 2p \left(\frac{N}{2p}\right)^2 l.10^{-8}.$$

$$x_b = \pi n \Phi_b \frac{N^2}{p} l,$$

où Φ_b, le flux par ampère-pouce de la section, est inversement proportionnel à la réluctance du circuit magnétique de la section, et proportionnel au $\sin^2$ du quart de l'angle de la différence de phase entre les courants dans les deux sections opposées; Φ_b est donc proportionnel au pas et inversement proportionnel à l'entrefer.

Réactance d'excitation. — Quand on emploie le pas divisé, une plus grande densité de flux est nécessaire dans l'entrefer pour produire la même force électromotrice résultante, car les forces électromotrices, dans les deux côtés d'une bobine donnée, diffèrent en phases de β degrés. Le facteur différentiel de force électromotrice est alors $\cos\frac{\beta}{2}$ ou $\sin\frac{\theta}{2}$, où θ est l'angle du pas de la bobine.

Non seulement le courant d'excitation est plus fort, vu l'augmentation de la densité du flux dans l'entrefer, mais encore on l'augmente un peu plus, à cause de la superposition des courants de phases différentes et la réduction conséquente dans la production de la force électromotrice. Le facteur différentiel de force magnétomotrice est $\cos\frac{\beta}{2}$, mais seulement lorsque le pas de la bobine est un multiple exact du pas de la section.

Prenons comme exemple le moteur diphasé avec pas de la bobine égal à 0,75 (*fig.* 4); la moyenne des courants résultants est : $\frac{1,707}{2} = 0,853$. Or

$$\cos\frac{\beta}{2} = 0,96.$$

Si nous considérons la figure 5, la courbe E nous donne le facteur différentiel de force électromotrice, M_3 et M_2 les forces magnétomotrices tri- et diphasées.

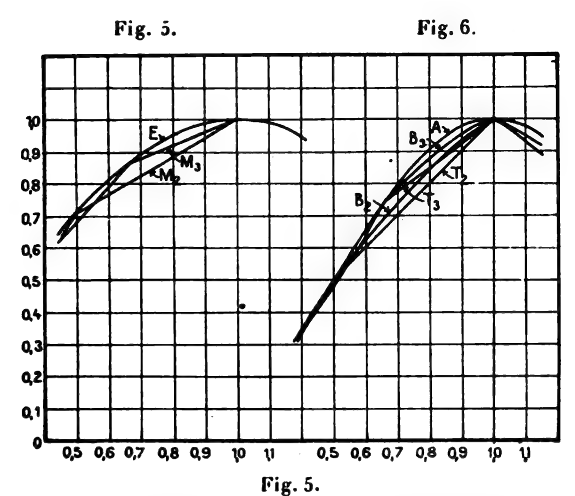


Fig. 5.

E = Facteur différentiel de la force électromotrice.
M_3 = Facteur différentiel de la force magnétomotrice triphasée.
M_2 = Facteur différentiel de la force magnétomotrice diphasée.

Fig. 6.

Facteur de pas de la réactance d'excitation.
B_3 = Triphasé.
B_2 = Diphasé.
T_2, T_3 = Facteur de pas des extrémités des dents.

Le facteur de pas pour la réactance d'excitation est alors le produit ($E.K_2$) ou ($E.M_3$) et est donné par les courbes B_2 et B_3 de la figure 6.

Résultats des essais. — Le moteur essayé avait 48 encoches (*fig.* 7), sur le stator et le rotor, et sur l'armature on utilisa pour les essais plusieurs genres de

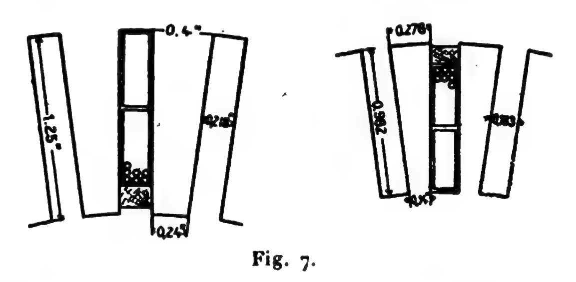


Fig. 7.

bobines. On fit les essais de court-circuit à 300 et 60 périodes, et ceux à circuit ouvert à 60 périodes; ces derniers furent exécutés avec le rotor immobile. Chaque type de bobine avait le même nombre de conducteurs par encoche sur le rotor et le stator,

Pertes aux extrémités des bobines. — On avait enlevé le noyau, moins les deux plateaux, qui étaient justes suffisants pour supporter un type de bobines courtes; de cette manière les essais en court-circuit n'avaient pas d'utilité, car le courant d'excitation était relativement grand; aussi le primaire et le secondaire furent connectés en série, phase par phase, et les sections opposées placées l'une contre l'autre. Dans ces conditions, puisqu'il y avait le même nombre de tours sur le primaire et le secondaire, aucun flux ne traversait l'air, et l'impédance totale fut déterminée avec précision. De plus, en mesurant la chute à travers le primaire et le secondaire, on sépara les deux impédances; on évalua alors la très petite réactance de l'encoche due aux deux plateaux d'armature et on la retrancha du total; la réactance des extrémités des bobines restait donc toute seule.

Deux types de bobines furent utilisés aux essais : l'une avait un pas de 12 encoches; montée en triphasé avec 2 et 4 pôles; pas entier ou moitié respectivement, le primaire et le secondaire étant connectés de la même façon. L'autre bobine avait un pas de 9 encoches; montée en triphasé aussi, avec 2, 4, 6 et 8 pôles; pas respectivement de $\frac{3}{8}$, $\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{8}$, et $1\frac{1}{2}$, ce qui donnait en tout six combinaisons avec les bobines courtes.

On évalua alors les valeurs de Φ_f au moyen des réactances obtenues et de l'équation (5), dans laquelle l_c fut pris comme la longueur totale pour le primaire et le secondaire à la fois. Les résultats furent consignés sur les courbes de la figure 8. La différence trouvée pour Φ_f,

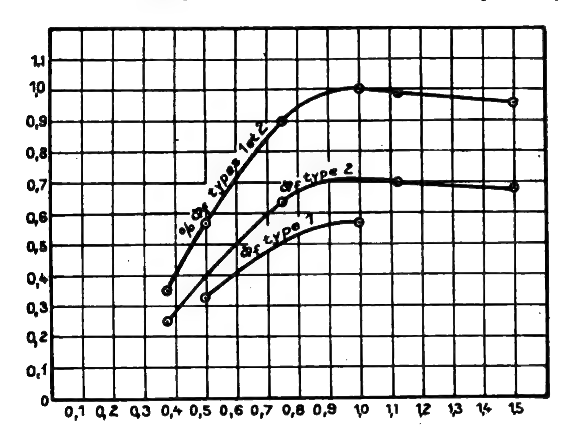


Fig. 8. — Perte dans les extrémités d'une bobine triphasée. Pour le diphasé multiplier Φ_f par 0,63.

dans le cas de 12 et de 9 encoches, est due à ceci que, dans le dernier cas, les extrémités des bobines primaires et secondaires furent portées un peu plus en arrière, laissant ainsi plus d'espace entre elles pour les pertes.

La courbe supérieure de la figure 8 montre les pertes pour les deux types de bobines réunies ensemble, en évaluant chaque type en fonction de la valeur de son pas complet. La courbe de la figure 9 nous donne la valeur du facteur de pas total pour l'extrémité de la bobine. Dans ce cas, on avait pris $l_c = 5$ pouces $+ 2,8\,\lambda_c$, λ_c étant le pas de la bobine en pouces. Le pas polaire fut pris égal à 10 pouces. Le pas de l'extrémité de la bobine est alors

$$k_{pc} = \Phi_f \frac{5 + 2,8\,\lambda_c}{5 + 2,8\,\lambda_p}.$$

Si l'on appliquait toute la perte au primaire, les va-

leurs correspondantes du pas complet de Φ_f pour le premier et le deuxième type d'essais seraient 1,14 dans le premier cas et 1,35 dans le second. Le premier de

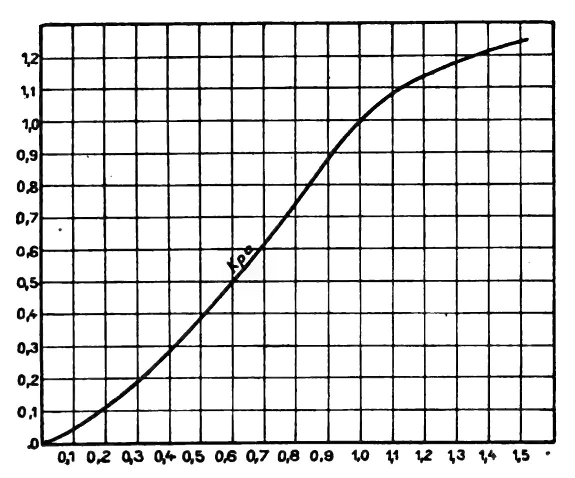


Fig. 9. — Facteur de pas de l'extrémité de la bobine.

ceux-ci correspond bien plus au moteur d'induction normal.

Réactance des encoches. — Après les essais mentionnés précédemment sans noyau, l'armature de longueur 3,2 pouces fut remise en place, et l'on fit des essais avec les deux types de bobines de 12 et de 9 pouces de pas. La première fut montée de quatre façons : diphasée à 2 et 4 pôles, et triphasée à 2 et 4 pôles; la seconde de cinq manières : diphasée à 4 pôles et triphasée à 2, 4, 6 et 8 pôles. Dans le deuxième cas, les fils furent placés dans les encoches et comprimés le plus possible (*fig.* 10).

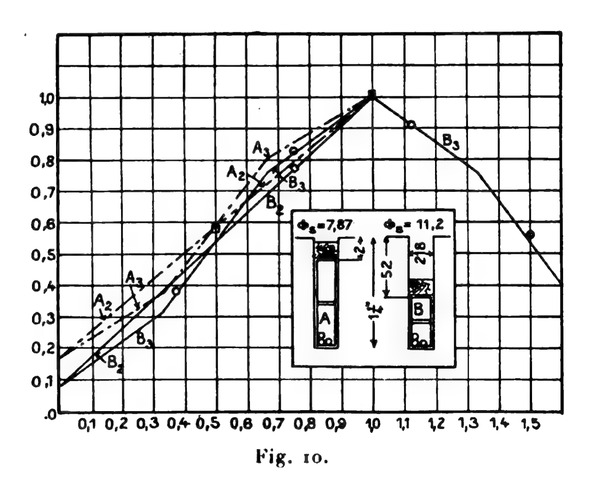


Fig. 10.

On fit d'abord des essais en série, avec des sections secondaires opposées à celles primaires correspondantes. On éliminait ainsi la réactance due aux extrémités des dents et aux sections; puis on effectua des essais en court-circuit, à savoir avec :

a. Les sections en opposition comme dans l'essa série;

b. Une moitié du pas des dents située après la position *a*, position pour laquelle la perte dans les dents est maximum;

c. Une moitié de la section au delà de la position *a*, où la perte dans la section est maximum.

Puis on fit des essais à secondaire ouvert, afin de déterminer la réactance d'excitation.

Dans les essais en court-circuit *a*, on obtint des réactances uniformes, inférieures de 2 à 3 pour 100 à celles des essais série : chose qu'on prévoyait. On retrancha, des réactances obtenues dans les essais série, les réactances des extrémités de bobines; il restait alors la réactance des encoches. Les valeurs de Φ_f employées dans le calcul étaient $x_f = 0{,}66$ et 0,70 pour les types des bobines à 12 et 9 encoches de pas. On avait d'abord choisi 0,7 pour les deux types de bobines, mais on constata que la valeur 0,66 donnait de meilleurs résultats pour la perte dans les encoches, dans le premier cas.

On tira ensuite la valeur de Φ_f de l'équation (1); le facteur de pas des encoches est alors :

$$k_{ps} = \Phi_s + \Phi \ .$$

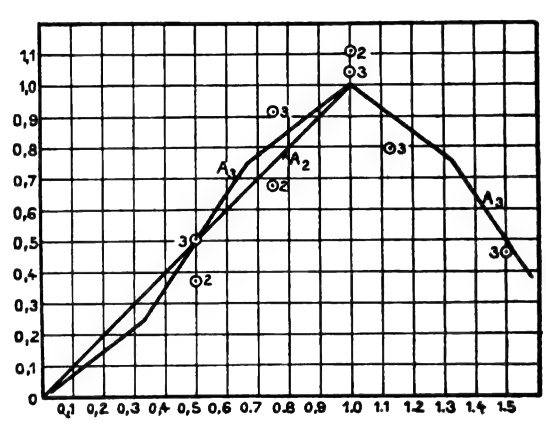


Fig. 11. — Facteur de pas de l'extrémité des dents.

où Φ_{s_1} est la valeur de Φ_s pour le pas complet. Les valeurs de k_{ps}, ainsi déterminées, sont consignées sur la figure 10, où l'on a montré en même temps les courbes calculées de la figure 3.

Pertes relatives aux extrémités des dents ou pertes en « zigzag ». — La différence entre les réactances *a* et *b* donne la réactance maximum x_{tt} des extrémités des dents, mais elle donne en plus une petite portion de la réactance de section. De cette différence, l'équation (4) nous donne Φ_{tt} et de là le facteur de pas des extrémités des dents (*tooth-tip pitch-factor*). Les résultats sont consignés sur la figure 11 pour les courbes théoriques A_2 et A_3, respectivement en di- et triphasé, courbes tirées de la figure 3.

Ces résultats peuvent sembler bizarres, mais il y a plusieurs raisons pour cela. D'abord, la perte due à l'extrémité des dents est une partie relativement petite de la réactance totale, et une faible erreur dans *a* ou

dans b entraîne à une grande erreur de pourcentage dans leur différence. Deuxièmement, il est peu probable que l'on ait placé, à chaque fois, le rotor exactement dans la position de réactance maximum des dents, puisque ce maximum a lieu pour la partie resserrée entre les encoches ouvertes sur les deux côtés de l'air. Troisièmement, à cause de la présence, citée plus haut, d'une quantité incertaine et variable de perte dans la section. Si l'on tient compte de ces raisons, on voit que l'on est tout à fait d'accord avec la théorie.

Pertes dans la section. — Le maximum de réactance dans la section fut obtenu avec les essais en court-circuit en soustrayant a de c. Les résultats d'expérience sont donnés dans le Tableau I où l'on considérera quelques cas typiques. Dans la colonne x_{B}, les réactances de sections diphasées sont réduites des $\frac{2}{3}$ de leurs valeurs actuelles en comparaison avec les réactances triphasées.

TABLEAU I.

			Nos.	PAS.	x_B.	x_{B_3}.
Pas : 12 encoches.	Diphasé.	2 pôles.	1	0,5	11,32	7,52
		4 »	2	1	6,02	4,01
	Triphasé.	2 »	3	0,5	1,38	1,38
		4 »	4	1	0,846	0,846
Pas : 9 encoches.	Diphasé.	4 »	5	0,75	0,81	0,54
	Triphasé.	2 »	6	0,375	0,535	0,535
		4 »	7	0,75	0,24	0,24
		6 »	8	1,125	//	//
		8 »	9	1,5	0,175	0,175

Comparons d'abord les réactances de sections di- et triphasées : les nos 1 et 3 sont semblables sous tous les rapports, mais leur valeur en diphasé est environ 5,5 fois celle en triphasé; de même pour les nos 2 et 4. Le rapport théorique du di- en triphasé est 5,1 pour le même nombre d'encoches par section. Quand on corrige les résultats ci-dessus de cette façon, on peut encore mieux les comparer au rapport théorique.

Comparons les nos 1 et 2; la seule différence qui les sépare est le nombre de pôles et le pas divisé. Pour le n° 1, Φ_b est deux fois plus grand, car le pas de section est augmenté et p est moitié; c'est pourquoi x_b est quatre fois plus grand, ce qui n'a pas lieu pour le facteur de pas qui est ici 0,53, environ le même que pour les encoches. Comparons les nos 2 et 5; leur seule différence tient au pas des bobines. La cause de cette grande réduction apparaîtra en inspectant la figure 4 qui représente les deux couches d'enroulements du n° 5 avec pas $\frac{3}{4}$. L'effet de la superposition des deux couches est de doubler le nombre de sections résultantes et de diminuer la différence de phases entre elles de moitié. Il y a cependant un déséquilibre des forces magnétomotrices dues aux différentes grandeurs des résultantes; mais on peut l'analyser au moyen de l'équation (6).

En comparant 5 et 7 qui diffèrent seulement en phase, nous ne trouvons pas autant de contraste qu'entre 1 et 3. La raison en est donnée en considérant le diagramme de la figure 4 a qui est celui de 7, à savoir que la largeur maximum de la section est réduite des $\frac{3}{4}$ de sa valeur primitive, tandis que, dans le n° 5, elle avait été réduite de moitié. En somme la largeur maximum de section est la même pour les nos 5 et 7, quoique ceux-ci soient respectivement pour du di- et du triphasé.

Le résultat de cette analyse est de montrer que l'effet du pas divisé sur la perte dans la section dépend beaucoup de la relation qui existe entre la différence de pas et le pas complet, et qu'un choix convenable de cette relation diminue notablement la perte dans la section, surtout pour un moteur triphasé. Un tel choix aplanit les nombreux nœuds dans la distribution des courants et a surtout pour effet de doubler le nombre de phases.

Réactance d'excitation. — La réactance d'excitation fut déterminée d'après les essais à circuit ouvert, effectués avec le rotor au repos, dans la position de réactance maximum, c'est-à-dire le rotor et le stator ayant leurs dents bien en face.

Pour rendre les résultats comparables et faciliter la détermination du facteur de pas, les réactances d'excitation furent toutes ramenées au système triphasé à deux pôles, en les multipliant par $\frac{p'p^2}{3}$. De plus, les réactances diphasées furent muliplièes par 1,1, de façon à éliminer la différence entre les facteurs différentiels des moteurs di- et triphasés à pas complet.

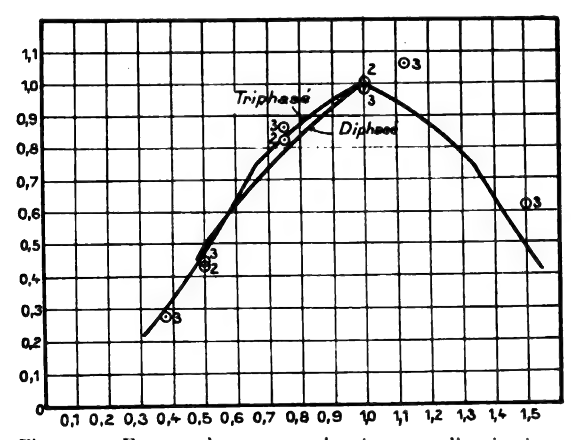


Fig 12. — Facteur de pas pour la réactance d'excitation.

Sur la figure 12, les valeurs observées du facteur de pas pour la réactance d'excitation sont consignées avec les courbes théoriques.

RÉSUMÉ. — Toutes les courbes principales des facteurs de pas pour les moteurs triphasés sont réunies sur la figure 13, et celles pour les moteurs diphasés sur la figure 14. En résumé, les effets d'un enroulement à pas divisé sont :

a. Réduction de plusieurs composantes de la réactance de perte;

b. Réduction de la longueur du moteur, surtout;



c. Dans quelques cas, facilités d'enroulement et économie d'espace;

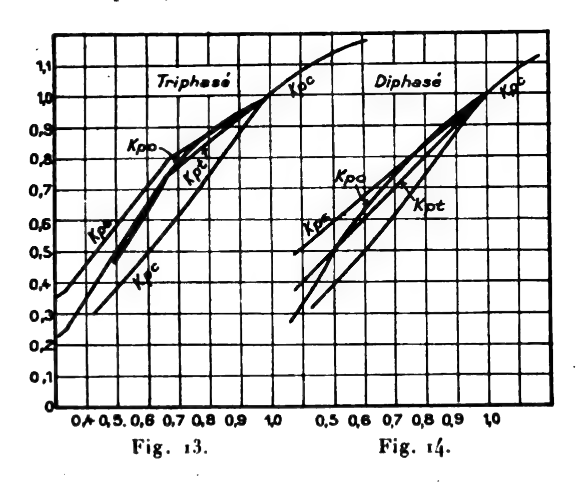


Fig. 13. Fig. 14.

d. Une diminution de la réactance d'excitation, c'est-à-dire une plus grande densité de flux dans toutes les parties du circuit magnétique et un plus grand courant d'excitation pour le même voltage.

Comme exemple de problème de pas divisé, l'auteur considère un moteur d'induction triphasé à trois vitesses; les constantes comparatives pour les vitesses sont données dans le Tableau ci-dessous :

PÔLES.	TOURS par minute.	DENSITÉ relative dans l'air.	DENSITÉ relative du noyau.	COURANT d'excitation relatif.	RÉACTANCE relative.	EFFET UTILE relatif épargné.	FACTEUR de puissance.
4.....	1800	0,77	115	59	95	103	0,93
6.....	1200	100	100	100	100	100	0,90
8.....	900	154	115	237	75	84	0,70

F.-H. CINGET.

DIVERS.

Régulation des moteurs à répulsion par le décalage des balais, par K. SCHNETZLER (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 14 et 21 novembre 1907, p. 1097, etc.). — L'auteur recherche jusqu'à quelle limite le décalage des balais des moteurs à répulsion, spécialement avec le système Déri, peut être employé pour le réglage; il montre que le couple et le nombre de tours peuvent varier dans de grandes limites sans que les valeurs de rendement des facteurs de puissance prennent des valeurs inacceptables et sans que la commutation devienne mauvaise.

La figure 1 donne le schéma bien connu du moteur à répulsion ordinaire avec 2P lignes de balais, la figure 2 est le schéma du moteur système Déri avec 4P lignes de balais (voir *La Revue électrique* du 15 septembre 1907, p. 141 à 143); les balais f_1, f_2 restent fixés dans l'axe des pôles du stator, les balais b_1, b_2 peuvent au contraire être déplacés d'un côté ou de l'autre des premiers d'un angle α.

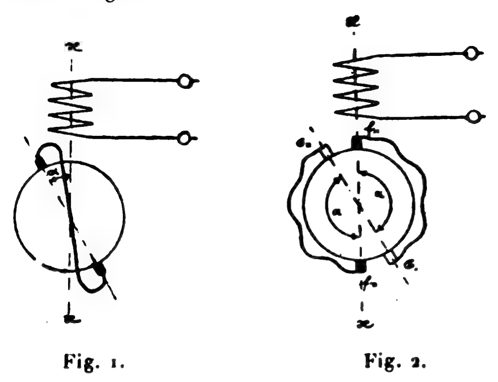


Fig. 1. Fig. 2.

L'auteur partage par la pensée l'enroulement d'un tel rotor en deux systèmes d'enroulements indépendants au point de vue magnétique et pouvant être considérés comme couplés électriquement en série. La figure 3 représente le cas d'un décalage de balais égal à 90°, la

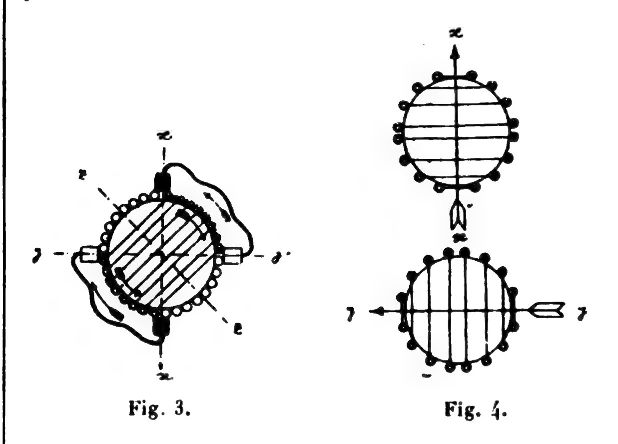


Fig. 3. Fig. 4.

figure 4 montre la séparation en spires opposées et spires transversales; on voit qu'en superposant les deux tracés de la figure 4 on obtient la reproduction de la figure 3. L'axe xx est celui du champ statorique dans lequel les balais $f_1 f_2$ sont fixés, yy est la ligne joignant les balais mobiles et, dans le cas de la figure 3, l'axe du champ transversal.

La figure 3 montre le partage du courant dans le moteur Déri; des deux côtés de l'axe statorique les courants circulent dans le même sens, au contraire dans le cas du moteur à répulsion ordinaire avec 2P balais, des deux côtés de l'axe statorique les courants sont de directions différentes (*fig.* 5).

La séparation de l'enroulement du rotor en deux parties décalées de 90° est représentée schématiquement par la figure 6 : H est l'enroulement statorique ou principal, T l'enroulement opposé ou l'enroulement de transformateur et Q l'enroulement transversal du rotor.

Le fonctionnement de cet ensemble est le suivant : à l'arrêt, l'enroulement H est relié au réseau et dans son axe s'établit un champ Φ_p, l'enroulement T est par

suite le siège d'une tension

$$E_{it} = \Phi_p \sim W_t f_\alpha$$

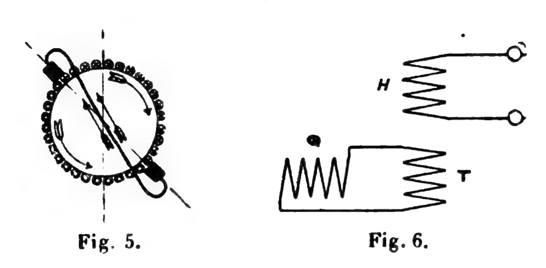


Fig. 5. Fig. 6.

comme dans le secondaire d'un transformateur; cette tension est disponible aux extrémités de l'enroulement Q. Dans la formule ci-dessus, W_t est le nombre de spires de l'enroulement T et f_α un facteur d'enroulement dépendant de l'angle α et variable avec lui.

Il se produit en Q un champ

$$\Phi_q = \frac{E_{it}}{\sim W_q f_\alpha},$$

et un courant J_2 s'établit, c'est le courant magnétisant du champ transversal. Ce courant est en phase avec le champ qu'il produit, il circule également dans l'enroulement T. Il se produit donc un couple. Le champ principal exerce de son côté un couple sur les spires transversales parcourues par le courant; cependant cette action est faible et disparaît en marche, de sorte qu'il est possible de négliger ce couple supplémentaire.

Le couple est alors

$$D = \Phi_q J_2 W_t f_\alpha.$$

Les facteurs de l'équation ci-dessus varient de la manière suivante : la figure 7 représente trois positions caractéristiques des balais, et les modifications de l'enroulement rotorique qui en résultent consistent non seulement en une variation du nombre de spires, mais encore en une variation de largeur des bobines. On voit dans la figure 7 *a* que pour un angle de 20° à 30° le nombre des spires T est faible ainsi que leur largeur,

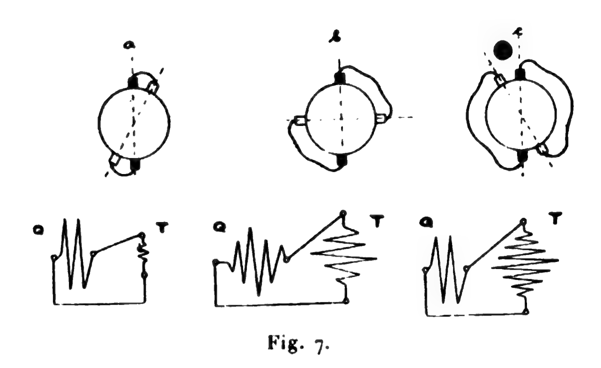


Fig. 7.

les spires transversales Q sont de même nombre mais couvrent tout l'arc polaire; pour $\alpha = 90°$ les spires des enroulements Q et T sont égales en nombre et en dimensions; à 150°, au contraire, les spires de l'enroulement T sont beaucoup plus nombreuses que celles de l'enroulement Q. Les courbes de la figure 8 montrent

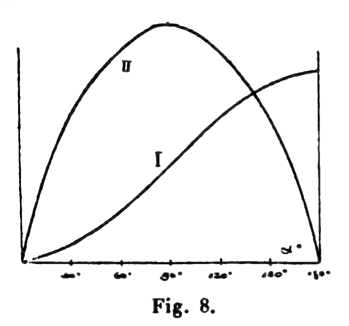


Fig. 8.

la variation du nombre de spires de l'enroulement T en fonction de l'angle α (courbe I) et celle du nombre de spires de l'enroulement Q (courbe II) en fonction du même angle.

La figure 7 *b* montre que pour le décalage de 90° le champ transversal a à peu près la même valeur que le champ principal, le couple normal doit donc être obtenu avec un décalage voisin de 90°; si l'on peut permettre au démarrage une augmentation de champ du double correspondant à un courant quadruple du courant normal, le couple de démarrage sera huit fois plus grand que le couple normal Les spires court-circuitées par les balais fixes sont le siège de forces électromotrices importantes pouvant causer des crachements importants à ces balais; l'auteur propose de réduire ces forces électromotrices en augmentant la réluctance du circuit magnétique dans l'axe de l'enroulement statorique (*fig.* 9). La réluctance opposée au champ principal reste la même et le facteur de puissance n'est pas influencé par cet artifice.

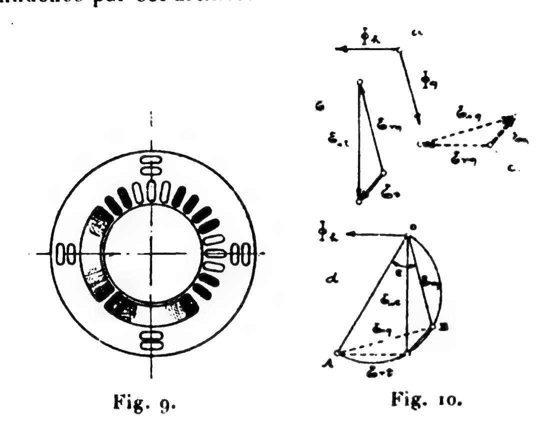


Fig. 9. Fig. 10.

Les mêmes remarques sont applicables au fonctionnement normal; le transport d'énergie a lieu exclusivement entre H et T, mais la tension aux extrémités de l'enroulement T n'est plus égale à E_{it}. L'enroulement T est mobile dans le champ transversal et se trouve par conséquent le siège d'une force électromotrice E_{pq} qui s'ajoute à E_{it}. Soient, dans la figure 10 *a*, Φ_p et Φ_q les vecteurs du champ principal et du champ transversal dans le cas du fonctionnement près du synchronisme,

la figure 10 *b* montre le triangle des tensions de l'enroulement T, on a

$$E_{pq} = \Phi_q \sim W_t f_\alpha.$$

On voit que la tension E_p de l'enroulement Q est devenue beaucoup plus faible qu'au démarrage ou à l'arrêt, le champ transversal ainsi que son courant magnétisant n'ont cependant pas diminué dans la même mesure car il se produit maintenant dans l'enroulement Q une nouvelle force électromotrice

$$E_{pt} = \Phi_p \sim W_q f_\alpha$$

par la rotation de l'enroulement Q dans le champ principal. La figure 10 *c* montre le triangle des tensions de l'enroulement Q.

Les résultantes dans les deux triangles *b* et *c*, E_p et E_q, sont égales et opposées, de sorte que la figure 10 *d* donne le diagramme complet.

Si l'on construit le diagramme pour des vitesses différentes, on observe que le couple varie d'abord très rapidement à partir de sa valeur la plus grande au démarrage et varie ensuite beaucoup plus lentement; la courbe du couple en fonction du nombre de tours du moteur est une asymptote à l'axe des abscisses.

Nous voyons, en outre, que près du synchronisme la valeur du champ transversal est presque indépendante du décalage des balais.

L'auteur termine son article en donnant une série de courbes relatives à un moteur Déri de 10 chevaux construit par la maison Brown, Boveri et Cie. E. B.

Élévateurs basculeurs de wagons (*Génie civil*, t. LII, 30 nov., p. 73). — Pour les transports des houilles, minerais et autres matières poudreuses, on commence à utiliser de grands wagons à bogies, avec caisses munies de trappes inférieures qui permettent leur déchargement instantané. Toutefois, ces wagons ne forment encore qu'une minime fraction du matériel des chemins de fer européens et, pour décharger rapidement les wagons-tombereaux ordinaires, on est forcé d'avoir recours à des appareils mécaniques de divers genres. Parmi ceux-ci, les basculeurs semblent avoir la vogue dans les grandes gares et usines d'Allemagne ou de Belgique, où les wagons, munis de portes sur leurs parois extrêmes, peuvent être déchargés par un basculement en bout, plus facilement réalisable qu'un basculement latéral.

Dans l'article qui nous occupe, notre confrère décrit en détail deux puissants appareils au moyen desquels les wagons sont d'abord élevés à une hauteur de 9^m à 10^m, puis basculés en bout dans une trémie d'où le chargement est déversé soit dans des wagonnets, soit dans des bateaux; l'un de ces élévateurs basculeurs est à commande hydraulique, l'autre à commande électrique. Ce dernier, le seul qui nous intéresse ici, a été installé par la Benrather Maschinenfabrik, de Benrath, pour le compte de la Société Deutscher Keiser, à Brückhausen. Il se compose d'une plate-forme de 4^m de large sur $10^m,50$ de longueur, sur laquelle le wagon est amené au moyen d'un cabestan; des chaînes, fixées aux deux extrémités et s'enroulant sur deux treuils commandés chacun par un moteur triphasé de 45 chevaux, permettent d'élever cette plate-forme à une hauteur de $10^m,80$; les deux moteurs, dont les arbres sont reliés par un accouplement à friction de manière qu'ils aient la même vitesse angulaire, sont alors arrêtés automatiquement, puis l'un d'eux est mis hors circuit, tandis que l'autre, celui qui commande le treuil arrière, est remis en marche; la plate-forme se trouve ainsi soulevée par une seulement de ses extrémités et prend peu à peu une inclinaison de 45°, plus que suffisante pour vider complètement le wagon. Une opération complète dure de 6 à 7 minutes, et l'on peut pratiquement décharger sept à huit wagons par heure. La charpente métallique de ce basculeur a environ 21^m de hauteur; c'est dire que les installations de ce genre sont d'un prix élevé et ne peuvent être utilisées que dans les gares et les usines de grande importance.

Monte-charge électrique pour l'édification de la tour Singer, à New-York (*Engineering Record*, 12 octobre). — La hauteur considérable de cette tour (165^m) a rendu nécessaire l'installation d'un monte-charge électrique spécial pour amener rapidement en place les matériaux de construction. Ce monte-charge, construit par l'Otis Elevator C°, de New-York, comporte un treuil mû par un moteur bipolaire à courant continu alimenté par le réseau urbain à 220 volts; le tambour, de 2^m de longueur et $1^m,50$ de diamètre, est relié au moteur par des engrenages réducteurs à vis sans fin: le tambour et le moteur sont disposés dans le sous-sol, et le câble, de 19^{mm} de diamètre, passe sur une poulie de renvoi fixée à une plate-forme agencée pour s'adapter rapidement aux 10e, 15e, 20e, ... et 40e étages à mesure que la construction s'élève. Le monte-charge peut élever une charge de 900^{kg} avec une vitesse de 2 m : sec; pour les charges plus lourdes, la vitesse est réduite au moyen d'engrenages.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : *Démarrage, freinage et régulation* : CABALLERO. BP. 23422, 1906 (régulateur de moteur). — CARICHOFF. USAP. 867745, 25 mars 1905 (rhéostat de démarrage). — CHENEY. USAP. 868596, 23 nov. 1906 (perfectionnement aux démarreurs). — PIFRE. BF. 379883, 12 juil. 1907 (dispositif de commande de moteurs électriques). — EICHBERG. USAP. 868171, 26 janv. 1907 (régulateur de moteur). — FRICKER. BP. 27112, 1906 (démarrage des moteurs). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 23896, 1906 (réglage des moteurs). — KRIZIK. BP. 22217, 1906 (réglage des moteurs). — MAYO ET HOULEHAN. BF. 380582, 6 août 1907 (rhéostat de démarrage pour moteurs électriques). — MELOT. BF. 381667, 11 sept. 1907 (démarreur automatique pour moteur asynchrone). — SMITH. USAP. 867816, 7 oct. 1905 (régulateur contrôlé par un thermostat). — YATES. USAP. 867547, 18 oct. 1905 (démarreur pour moteurs à courant alternatif). — *Contrôleurs* : BREMAECKER. BP. 6341, 1907. — CARICHOFF. USAP. 867476, 19 janv. 1906 (dispositif dans lequel le courant actionnant la bobine du contrôleur dépend de la force contre-électromotrice du moteur à contrôler).



ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

LA PRODUCTION DE L'ACIDE AZOTIQUE AU MOYEN DE L'AIR (¹).

V. DÉTERMINATION DU RENDEMENT. — 1. Avant d'exposer les avantages que présente le four essayé en dernier lieu à Fribourg, je décrirai les méthodes employées pour déterminer son rendement.

Un compteur à gaz étalonné d'un débit de 60^{m^3} par heure était placé sur la conduite reliant le ventilateur au four, de manière à pouvoir mesurer avec exactitude le volume d'air envoyé dans le four.

Les gaz à analyser étaient aspirés de la conduite de départ au moyen d'un tube pénétrant jusqu'au centre de celle-ci, et d'une trompe à eau; ils passaient dans un récipient de verre où ils se refroidissaient, puis dans un flacon de 20^l de capacité où ils séjournaient un temps suffisant pour que l'oxyde azotique AzO fût transformé en peroxyde d'azote AzO^2, et enfin étaient conduits dans une petite tour d'absorption formée d'un flacon de verre rempli de morceaux de verre. Un petit compteur à gaz de précision, placé entre cette tour d'absorption et la trompe à eau, permettait de connaître la quantité de gaz soumise à l'absorption; elle variait suivant les essais de 100^l à 150^l par heure.

La tour d'absorption était constamment alimentée d'une solution de potasse diluée; celle-ci était amenée par un entonnoir muni d'un robinet, et dont l'extrémité inférieure plongeait jusqu'au fond d'un tube à essai de manière à former fermeture hydraulique; elle s'écoulait par la partie supérieure du tube et se distribuait uniformément sur les morceaux de verre; enfin elle était évacuée de la tour par un tube muni d'un siphon pour éviter toute perte ou rentrée de gaz. Le volume de solution employée, mesuré avec soin, était tel que l'absorption de l'acide azotique en neutralisât environ la moitié; de cette façon les nombres servant à calculer la quantité d'acide absorbée différaient notablement et l'on évitait les erreurs importantes qui résulteraient de petites erreurs sur des nombres voisins.

Le flacon précédant la tour d'absorption et servant à l'oxydation de l'oxyde azotique était rempli d'air au début de chaque essai, par aspiration à travers la tour d'absorption et à travers le compteur; son volume se trouvait donc mesuré par le compteur. Comme il ne contenait pas d'oxyde azotique, son volume n'aurait pas dû être compté. Pour éliminer cette cause d'erreur, à la fin de l'essai, après arrêt du four, on continuait à aspirer au moyen de la trompe de manière à faire passer dans la tour d'absorption le contenu du flacon d'oxydation et à remplir celui-ci d'air pur, mais par un jeu de robinets on mettait alors le compteur hors du circuit des gaz.

Après chaque essai la tour d'absorption était vidée, puis lavée avec soin. On lavait également le flacon d'oxydation et toutes les conduites où pouvait s'être condensé de l'acide azotique. L'eau de lavage était recueillie dans un flacon de 2^l qu'on achevait de remplir avec de l'eau distillée; une analyse volumétrique permettait de déterminer la quantité d'acide azotique contenue dans cette eau.

La puissance électrique dépensée dans le four était mesurée à l'aide d'un wattmètre de précision de Siemens et Halske.

De nombreux essais ont été effectués comme il vient d'être dit et dans diverses conditions. Leur durée variait de 1 heure à 4 heures et la puissance dépensée de 12 à 27 kilowatts. Leurs résultats concordent parfaitement et indiquent un rendement d'au moins 60^g par kilowatt-heure pour le four employé et pour la puissance, relativement faible, dépensée; ils montrent en outre que le rendement augmente en même temps que la vitesse de l'air à travers la flamme.

2. Ainsi qu'il a déjà été dit, Muthman et Hofer, Brode, principalement Nernst et plus récemment Jellineck (¹) ont donné la théorie de l'oxydation de l'azote au four électrique. On peut donc aujourd'hui discuter la valeur du rendement donné par les essais en se basant sur des conditions scientifiques, pourvu toutefois que le four employé avec flamme tournant rapidement corresponde aux conditions théoriques.

La température de la flamme tournante de mon nouveau four est certainement très élevée, car elle est entièrement formée de parties conductrices du courant par suite de sa rapide rotation dans le champ magnétique, et les zones de gaz qui sont incandescentes, mais ne conduisent pas le courant, sont tout

(¹) Dans deux précédents articles publiés dans les numéros du 30 octobre et du 15 novembre, p. 240 à 246 et 278 à 284, l'auteur décrivait les divers essais qu'il a faits de 1900 à 1906 à Fribourg, puis à Vevey et enfin de nouveau à Fribourg.

(¹) MUTHMAN et HOFER, *Chem. Ber.*, t. XXXVI, 1903, p. 438 à 453. — BRODE, *Ueber die Oxydation des Stickstoffes in der Hochspannungflamme*, édité par W. Knapp, Halle-a-S., 1905. — NERNST, *Gött. Nachr.*, 1904, fasc. 4, et *Z. anorg. Chemie*, t. XLIX, 2, 1906. — JELLINECK, *Z. anorg. Chemie*, t. XLIX, 2, 1906.

à fait éliminées, à cause du refroidissement brusque dû au mouvement rapide de la flamme, laquelle se trouve ainsi continuellement amenée en contact avec des gaz neufs et froids ([1]).

La section du tube où la flamme est produite pouvant être réduite jusqu'à une valeur assez faible sans que le mouvement de rotation en soit gêné, il est possible d'obtenir un courant d'air de vitesse considérable, sans qu'il soit nécessaire d'y faire passer un volume d'air trop considérable. D'autre part, comme le courant d'air est traversé par la flamme à angle droit, les gaz chauds sont, aussitôt qu'ils cessent d'être dans la zone de réaction, refroidis instantanément par les gaz froids qui les suivent; on obtient donc ainsi un rapide refroidissement qui empêche la décomposition de l'oxyde azotique formé et permet d'utiliser, dans les meilleures conditions, la haute température de la flamme. Il est d'ailleurs impossible que les gaz retournent dans la flamme, à cause de la section relativement petite du tube et du fait que le flux gazeux s'élève très rapidement au-dessus du plan horizontal de la flamme. Enfin, le refroidissement dû à la grande vitesse du gaz se trouve encore aidé par la construction métallique du four, à tel point que, même en dépensant une grande puissance, on peut n'employer qu'un volume d'air assez faible pour que les gaz, qui quittent le four à environ 1200° C., puissent être ensuite refroidis rapidement dans les conduites, et l'on arrive ainsi à obtenir une haute teneur en oxyde azotique.

La quantité d'oxyde azotique produite dans le four dépend, en définitive, de l'intensité du champ magnétique, de la puissance dépensée dans la flamme et de la vitesse de l'air. Comme la vitesse de l'air dépend elle-même de la section du four, celle-ci devra être aussi petite que possible, et cette condition peut être facilement réalisée dans mon four. A la vérité, les données nécessaires pour calculer le rendement sur des bases purement théoriques ne sont pas encore connues; mais ce qu'on sait permet déjà de prévoir les conditions requises pour qu'un four donné fournisse les meilleurs résultats. Aussi, je considère les rendements de 525^{kg} d'acide azotique par kilowatt-an obtenus dans les premiers essais avec mon four comme un minimum, la puissance utilisée dans ces essais (27 kilowatts) étant trop faible, comme l'ont montré des expériences ultérieures. Lorsqu'une plus grande puissance sera utilisée dans les meilleures conditions de fonctionnement le rendement sera accru, car on pourra augmenter le débit de l'air jusqu'à ce qu'on ait réalisé la vitesse de déplacement qui convient le mieux, ce qui non seulement accélérera le passage de l'air à travers la flamme, mais encore produira un refroidissement plus rapide des gaz chauds. De nouveaux essais sont nécessaires pour reconnaître jusqu'à quelle valeur le rendement peut être augmenté, mais on ne peut douter de son augmentation.

([1]) Ce fait peut être observé à l'œil nu. Une flamme tournant dans un vif courant d'air apparaît comme un disque transparent de rose clair. Si l'on diminue la vitesse de rotation de la flamme en diminuant l'intensité du champ magnétique et qu'en même temps on ralentisse le courant d'air, le disque perd sa transparence et prend une coloration blanc jaunâtre.

VI. Comparaison avec le procédé Birkeland et Eyde. — Si l'on veut comparer mon four, alimenté par du courant alternatif, avec celui qu'emploient MM. Birkeland et Eyde, les remarques suivantes sont importantes.

Pour pouvoir dépenser, dans le four Birkeland et Eyde, une grande puissance, il est nécessaire, pour que la flamme soit exclusivement formée de parties conductrices du courant et aussi pour éviter un trop fort déphasage, d'employer un champ magnétique très intense. La flamme prend dès lors un grand diamètre (2^{m}) et, à cause de ses grandes dimensions, il est impossible de la faire traverser normalement à son plan par un courant d'air rapide; or, si le mouvement des gaz dans le four est lent, leur refroidissement après qu'ils auront quitté le four ne pourra être rapide. En outre, ces gaz ne peuvent être forcés de se mouvoir dans une direction spéciale et, pour cette raison, les gaz ayant déjà traversé la flamme peuvent être ramenés en contact avec celle-ci. De plus, comme le refroidissement des gaz ne peut pas être effectué de façon régulière, parce que les gaz employés pour le refroidissement sont déjà échauffés par les parois du four et la flamme elle-même, il est indispensable d'envoyer dans le four une très grande quantité de gaz (au moins 2$^{m^3}$,5 par kilowatt-heure), de sorte que la proportion de l'oxyde azotique dans les gaz des tours d'absorption est très petite (1,07 pour 100). Dans ces conditions, un rendement de 500^{kg} d'acide azotique par kilowatt-an est tout ce qu'on peut espérer ([1]).

Dans mon four, où la vitesse angulaire de la flamme peut être augmentée dans de larges limites sans augmenter son diamètre (car la flamme suit une courbe fermée et revient toujours à son point de départ), ces inconvénients n'existent pas, et quand on accroîtra la puissance dépensée dans la flamme non seulement on obtiendra une plus grande concentration des gaz, mais encore un rendement meilleur que celui du four Birkeland.

([1]) Les chiffres ci-dessus sont empruntés à une Communication du professeur Birkeland à la Faraday Society, de Londres, du 2 juillet 1906.



D'ailleurs, si mon nouveau four est parfaitement adapté pour fonctionner avec du courant alternatif, il l'est encore mieux pour le fonctionnement en courant continu et ses avantages deviennent alors plus appréciables. Des essais faits avec du courant continu ont montré qu'une tension de 1500 volts est suffisante; la flamme tourne toujours dans le même sens et sa vitesse de rotation ainsi que sa puissance demeurent constantes, tant que les autres conditions demeurent invariables. La régularité avec laquelle l'air est traité dans la flamme peut être comparée à celle du travail d'une machine-outil, d'un tour par exemple. Lorsqu'on fonctionne avec du courant alternatif, la puissance dépensée dans la flamme varie au contraire périodiquement, tandis que la vitesse de l'air qui la traverse reste constante, ce qui ne peut être avantageux.

Un autre avantage de l'emploi du courant continu est qu'il dispense de l'installation des appareils accessoires nécessaires avec le courant alternatif pour éviter d'avoir un trop grand déphasage entre le courant et la tension. Le four est alors connecté directement à la dynamo, si le four est suffisant pour absorber toute la puissance de celle-ci, ou relié en série avec les autres fours, si plusieurs fours doivent être alimentés par une seule dynamo. Cette dynamo devra être pourvue d'un enroulement compound qui, en contrariant l'effet de l'enroulement shunt, empêchera l'intensité de prendre une valeur excessive. Dans ces conditions, 99 pour 100 de l'énergie électrique engendrée par la dynamo sont utilisés dans l'arc-flamme, car il n'y a d'autre appareil accessoire que la bobine produisant le champ magnétique, laquelle, dans un four de 500 kilowatts, n'absorbe que 1 pour 100 de la puissance.

VII. Conclusions. — Aucun procédé connu ne donne aussi complète satisfaction que le mien lorsqu'il est utilisé avec du courant continu.

De nombreux expérimentateurs ont depuis longtemps appelé l'attention sur ce fait que, quand on opère le traitement électrique des gaz sous pression, on obtient de meilleurs rendements, parce que la température de la flamme se trouve augmentée à mesure que la pression fait décroître la conductivité électrique des gaz traités.

Or mon four s'adapte fort bien au traitement des gaz sous pression, principalement quand on opère en courant continu. Sa forme cylindrique et sa structure métallique le rendent capable de supporter d'assez hautes pressions. Le refroidissement des gaz, qui devient alors un important facteur précisément parce que la température de l'arc est plus élevée, s'y effectue sans difficulté. Seul l'amorçage de l'arc, moins commode dans les gaz sous pression, pourrait donner lieu à quelque difficulté; mais cette difficulté, qui se représenterait à chaque alternance du courant dans le cas de l'emploi du courant alternatif, ne se présenterait qu'une fois lorsqu'on emploie du courant continu et il serait alors facile de la tourner en produisant l'amorçage avant que le four soit sous pression.

Qu'il soit possible de profiter des avantages économiques des hautes pressions dans une installation industrielle, c'est ce que je me propose de démontrer dans une prochaine Communication où je ferai connaître également les résultats d'expériences pleines de promesses que j'ai faites en vue d'obtenir des gaz de haute concentration, c'est-à-dire contenant une forte proportion d'oxyde azotique.

La partie expérimentale des travaux qui ont été décrits dans ces articles a été presque entièrement effectuée à l'Institut de Physique de l'Université de Fribourg, où un laboratoire spécial a été mis à ma disposition; qu'il me soit permis de remercier ici le directeur de cet Institut, le professeur Kowalski.

La collaboration de l'ingénieur Aloïs Schœnberger m'a été de grande utilité. Commencée en mars 1902, elle ne fut interrompue que pendant les deux années, de 1904 à mars 1906, que cet ingénieur dut consacrer à la direction technique de la fabrique de condensateurs de Fribourg. Je lui en exprime toute ma reconnaissance.

Je remercie aussi, et tout spécialement, sir William Crookes pour les divers conseils de grande valeur qu'il voulut bien me donner lors de la visite qu'il fit à Fribourg en juillet 1906 en vue d'examiner le four décrit en dernier lieu, conseils dont je ne manquerai pas de profiter dans la suite de mes travaux.

I. Moscicki.
Fribourg, 18 *août* 1906 (1).

DIVERS.

Traitement électrolytique des minerais de cuivre, par R. LAMB. Brevet américain 852438, déposé le 22 déc. 1902, délivré le 7 mai 1907. — Le minerai est mis dans un récipient avec de l'eau et de l'anhydride sulfureux liquide; suivant l'inventeur, le cuivre est alors dissous et il suffit de faire le vide pour enlever l'anhydride sulfureux en excès et avoir une solution de sel de cuivre que l'on soumet à l'électrolyse. Après dépôt du cuivre qu'elle contient, cette solution, où s'est formé de l'acide sulfurique, est utilisée pour la dissolution de minerai neuf.

Appareil pour la préparation électrolytique du calcium, par G.-O. SEWARD et F. von KUGELGEN. Brevet américain 864928, déposé le 25 avril 1906, dé-

(1) Ainsi que nous l'avons dit au début de cette Publication, des raisons diverses ont empêché l'auteur de publier plus tôt ce Mémoire écrit depuis plus d'un an. (*N. d. l. R.*).



livré le 3 sept. 1907. — L'appareil est construit en vue de refroidir le calcium aussitôt après sa formation, de manière à éviter son action ultérieure sur le bain. Pour cela le fond du creuset qui contient le bain, formé de chlorure de calcium fondu, est traversé par une tige pointue en fer servant de cathode; à la partie supérieure se trouve un anneau de charbon servant d'anode; tout contre cette anode est un anneau creux en fer où circule un courant d'eau froide. Par suite de la grande densité du courant à la cathode, le calcium produit par l'électrolyse se trouve fondu; dès lors il se détache de la cathode sous forme de grosses gouttes liquides qui montent rapidement à la partie supérieure du bain dans la région entourée par l'anneau réfrigérant, où elles se solidifient.

Sur les réactions de la cuve de nickelage, par A. BROCHET (*Comptes rendus*, t. CXLV, 10 octobre 1907, p. 627). — Les bains de nickelage formés uniquement de sels de nickel donnent de mauvais résultats : avec le chlorure il se dépose sur la cathode de l'hydrate d'oxyde de nickel qui ternit le métal; avec le sulfate ce dépôt ne se forme pas du fait que le bain devient acide par suite de la passivité de l'anode qui ne se dissout qu'en partie, mais il se produit à la cathode un dégagement d'hydrogène dont une partie reste occluse dans le métal déposé, et le dépôt, très blanc d'ailleurs, n'est pas adhérent.

Pour ces raisons, on doit ajouter au sel de nickel un sel alcalin, de préférence un sel ammoniacal. Il se forme alors des sels complexes qui se dissocient. Dans le cas du sulfate, Pfanhauser [1] admet la formation de cathions AzH^4 et d'anions $Ni(SO^4)^2$; ces derniers ont leur charge neutralisée par celle des ions Ni fournis par l'anode; il se forme du peroxyde de nickel par suite de l'instabilité du sulfate nickelique. Avec le chlorure l'anion est $NiCl^4$ et il y a également tendance à la formation du peroxyde. Dans les deux cas les cathions AzH^4 se déchargent au détriment des éléments de l'eau, d'où dégagement d'hydrogène et formation d'alcali; celui-ci se trouve neutralisé dans le cas du sulfate, mais dans le cas des chlorures il en résulte, le bain restant neutre, un précipité d'hydrate d'oxyde de nickel.

Dans l'opération du nickelage on se trouve donc en présence d'un bain dont soit l'acidité, soit le dépôt d'hydrate, va en augmentant. On remédie à l'acidité en ajoutant des sels peu dissociables. On a employé le citrate de sodium, mais ce sel est d'un prix élevé, produit des moisissures et se décompose sous l'action du courant. Aussi préfère-t-on opérer en présence de chlorures; on vient d'indiquer leurs inconvénients; on y remédie en ajoutant au bain de l'acide borique.

La passivité des anodes dépend de la manière dont elles ont été fabriquées. Les anodes fondues s'attaquent mieux que les anodes laminées en plaques de 5^{mm} à 8^{mm} que l'on emploie généralement. Quant aux feuilles minces elles sont presque inattaquables : il ne s'en dissout que 1 à 5 pour 100 de ce qu'indique la théorie pour une densité du courant de 1 amp : dm^2 avec une solution de sulfate double à 100^g par litre. Le mode d'attaque des anodes en nickel est d'ailleurs tout à fait spécial : elles se piquent en un certain nombre de points et il se forme des cavités qui peuvent arriver à perforer l'électrode, bien qu'en d'autres points celle-ci conserve son épaisseur.

[1] *Zeitschr. f. Elektrochemie*, t. VII, 1901, p. 628.

L'emploi du carbure de silicium en sidérurgie. — On sait que, pour la plupart des espèces d'acier ou de fonte obtenues au four Martin basique ou au convertisseur, il convient d'y introduire une petite quantité de silicium pour donner au métal une plus grande résistance et une plus grande dureté. Le ferrosilicium est généralement employé pour cet usage, mais suivant le *Journal de l'Électrolyse* du 1er décembre il présente quelques inconvénients que n'a pas le carbure de silicium ou carborundum cristallisé.

Lorsqu'on introduit le ferrosilicium dans le four il arrive au contact avec les scories et il en résulte une réduction partielle de ces dernières avec production de silice. Une partie du silicium est donc perdue, tandis que le soufre et le phosphore du ferrosilicium, qui ne s'allient pas aux scories, restent dans la masse. Il est vrai que le ferrosilicium contient peu de soufre et de phosphore; mais, si faible que soit la quantité de ces métalloïdes, elle n'est pas sans inconvénients lorsqu'il s'agit d'aciers fins, comme les aciers à outils. D'autre part, la quantité de silicium perdue dans les scories n'est pas constante; elle dépend de nombreux facteurs : température de la charge, proportion d'impuretés qu'elle contient, temps qui s'écoule entre l'introduction du ferrosilicium et la coulée. Par suite, la quantité de silicium incorporée est elle-même variable et il en résulte des variations dans les qualités de l'acier obtenu. De plus l'introduction du ferrosilicium dans le bain en abaisse la température précisément au moment où une haute température est nécessaire pour la bonne fusion de l'acier.

Le carbure de silicium cristallisé n'a pas ces inconvénients. Formé de 66 à 68 pour 100 de silicium, 30 pour 100 de carbone, 1 à 1,5 pour 100 de fer, autant d'aluminium et de traces de calcium et de magnésium, il ne renferme ni soufre ni phosphore. Sa haute teneur en silicium permet de n'en employer qu'une quantité relativement faible et par suite de ne pas refroidir le bain. Les oxydes contenus dans les bains sont réduits par le carbone du carbure et aucune impureté ne se trouve introduite de ce fait. Enfin, il est possible d'éviter son contact avec les scories et partant la réduction partielle de celles-ci. Pour cela le carbure de silicium finement broyé est mis dans des cornets de papier par charges de 1^{kg} à 2^{kg}, puis ces cornets sont jetés successivement sous le jet d'acier qui tombe dans la poche de coulée, en s'arrangeant de manière que toute la quantité de carbure qui doit être employée soit jetée lorsque la poche a reçu la moitié du métal en fusion qu'elle doit contenir; dans ces conditions le carbure a produit son effet utile avant l'arrivée des scories.

Il paraîtrait qu'en raison de ces avantages le carbure de silicium est aujourd'hui très employé dans les aciéries allemandes.

MESURES ET ESSAIS.

WATTMÈTRE ENREGISTREUR WESTINGHOUSE.

On sait combien est délicat le problème de la mesure des puissances très variables; bien qu'aucune étude systématique n'ait, à notre connaissance, été faite sur ce sujet, il est certain que les compteurs des divers systèmes sont loin de donner dans ce cas des indications exactes, faussées que sont ces indications par l'inertie du compteur; aussi les appareils enregistreurs et notamment les wattmètres enregistreurs sont-ils alors appelés à rendre les plus grands services. Les appareils de ce genre sont d'une réalisation assez difficile, surtout si l'on exige qu'ils puissent fonctionner sans une surveillance constante et ne donnent pas lieu à des erreurs par suite du fonctionnement de la plume tout en exigeant une dépense faible de puissance.

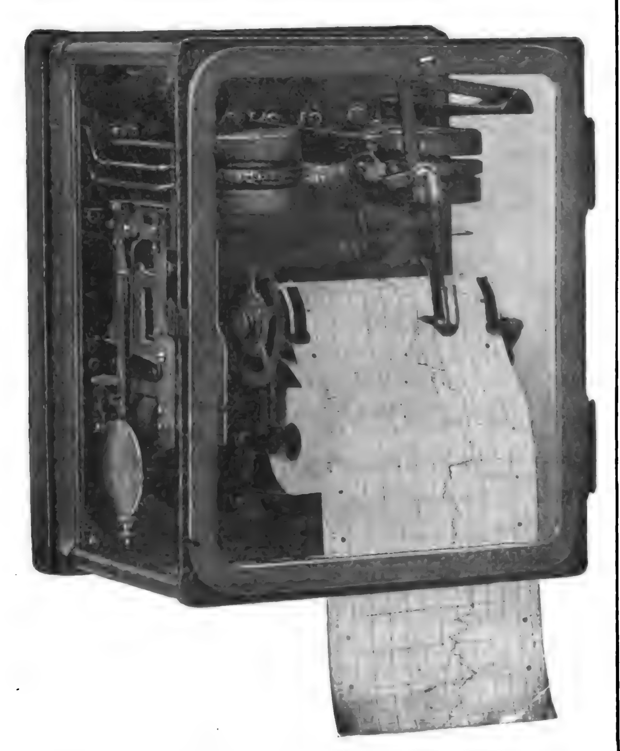


Fig. 1. — Vue d'ensemble du wattmètre enregistreur Westinghouse.

Le wattmètre Westinghouse a été établi pour répondre à ces desiderata et il fait suite à toute une série d'appareils de mesure de précision, voltmètres, wattmètres à lecture directe des plus intéressants, et réalisant véritablement des dispositions inédites. Sur le même principe d'enregistrement que le wattmètre il a été également établi des voltmètres et des ampèremètres enregistreurs pour courant continu et alternatif.

La figure 1 représente la vue générale de l'appareil : en haut est le système de mesure tout à fait analogue comme disposition à l'électrodynamomètre-balance bien connu de Lord Kelvin; à gauche, l'*horloge* à remontage automatique actionnant le tambour porte-papier à déroulement continu placé à droite.

Pour obtenir des mesures exactes en dépit du frottement produit par le déplacement de la plume sur le papier, les organes de *mesure* et ceux de commande de la plume sont entièrement distincts. L'élément de *mesure* produit des contacts dans le circuit enroulé sur les solénoïdes de manœuvre, produisant ainsi le déplacement de la plume par les noyaux de ces solénoïdes. Le circuit de commande est généralement bobiné pour 110 volts courant continu et l'enroulement de mesure n'absorbe pas ainsi plus de puissance que dans les instruments à lecture directe; les contacts E (*fig.* 2) sont de métaux différents afin d'obtenir la rupture avec le minimum d'étincelles, et d'ailleurs ce phénomène est très atténué par des résistances de décharge destinées à recevoir l'extra-courant de rupture des solénoïdes.

Un dashspot B est destiné à faire fonctionner avec amortissement le cadre de l'électrodynamomètre.

L'enregistrement est produit par une plume qui se meut suivant une ligne horizontale coïncidant avec une génératrice du tambour porte-papier. La figure 3 indique schématiquement le dispositif mécanique de la commande de la plume.

Celle-ci est obtenue par deux solénoïdes : l'un d'eux est visible en A (*fig.* 2). Un des solénoïdes tend à déplacer la plume vers le zéro; l'autre vers le maximum. Les solénoïdes forment pistons dans un dashspot rempli d'huile.

Lorsque la grandeur électrique qu'il s'agit de mesurer change de valeur, le cadre de l'électrodynamomètre ferme l'un ou l'autre contact communiquant à l'un ou l'autre solénoïde. Un ressort *ab* se trouve attaché à la fois au cadre et au levier commun d'attache des solénoïdes (*fig.* 3). Les solénoïdes se déplacent et le contact reste fermé

jusqu'à ce que la tension du ressort équilibre exactement l'effort exercé par les actions électrodynamiques sur le cadre. Le cadre cesse alors de faire appliquer le contact en gagnant sa position d'équilibre, et le déplacement de la plume cesse.

On obtient donc, par un procédé purement électromécanique, le même effet que par le déplacement angulaire du tambour à la main dans les électrodynamomètres.

Il est évident que l'intensité de l'amortissement

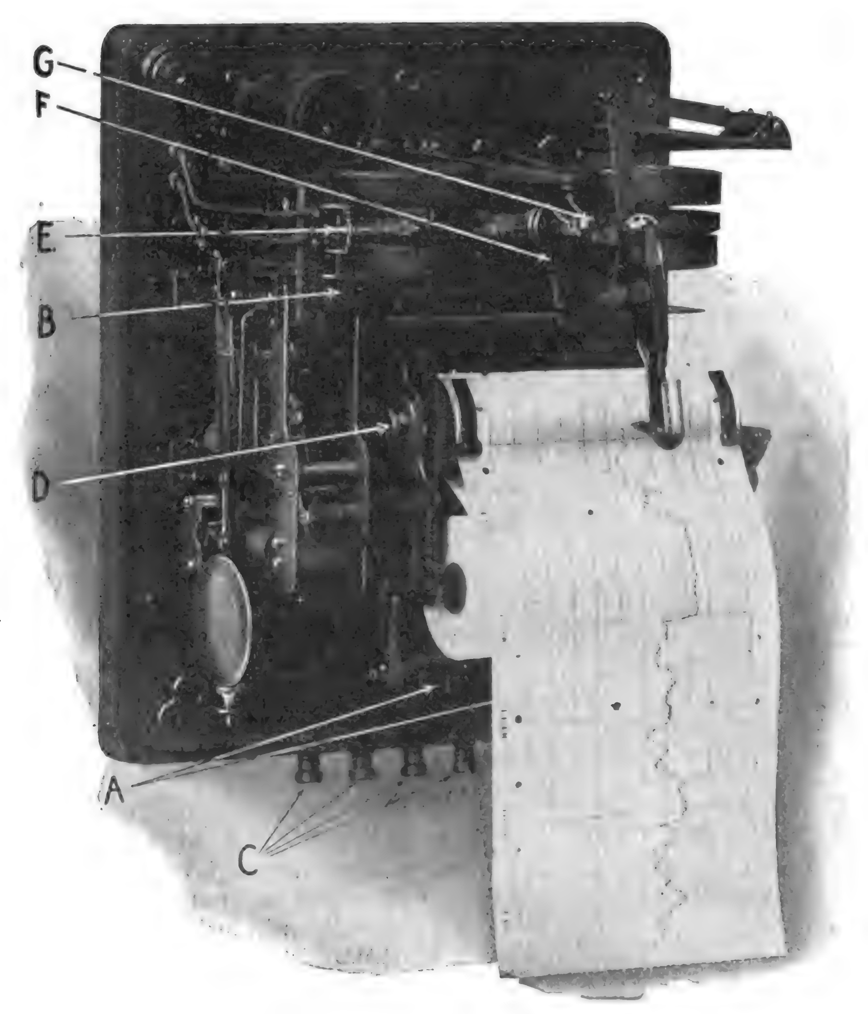


Fig. 2. — Détails du wattmètre enregistreur Westinghouse.

doit dépendre de la rapidité de variation des charges que l'appareil doit enregistrer. L'amortissement peut être modifié en employant des huiles différentes et aussi en modifiant les dimensions de l'ouverture réglable de chaque piston.

Le réglage de la sensibilité s'effectue en faisant varier l'écartement des contacts placés en E, c'est-à-dire l'amplitude admise pour le déplacement du cadre électrodynamométrique sans qu'il y ait déplacement de la plume. On obtient ainsi un trait moyen parfaitement net au lieu du trait large et confus des enregistreurs à *action directe*.

Le papier, entraîné par un mouvement d'horlogerie à remontage automatique, se déroule dans les modèles ordinaires avec une vitesse de 10 centimètres par heure, mais toute autre vitesse est évidemment réalisable. Chaque appareil peut être approvisionné pour une quarantaine de mètres.

Le schéma général des connexions et enroulements d'un wattmètre est représenté par la figure 4. Sur ce même principe ont été établis par la Compagnie Westinghouse des ampèremètres, voltmètres et indicateurs du facteur de puissance.

Essais. — Nous donnons ci-après les résultats

d'essais que nous avons effectués nous-mêmes sur un wattmètre enregistreur du type 5 ampères (¹).

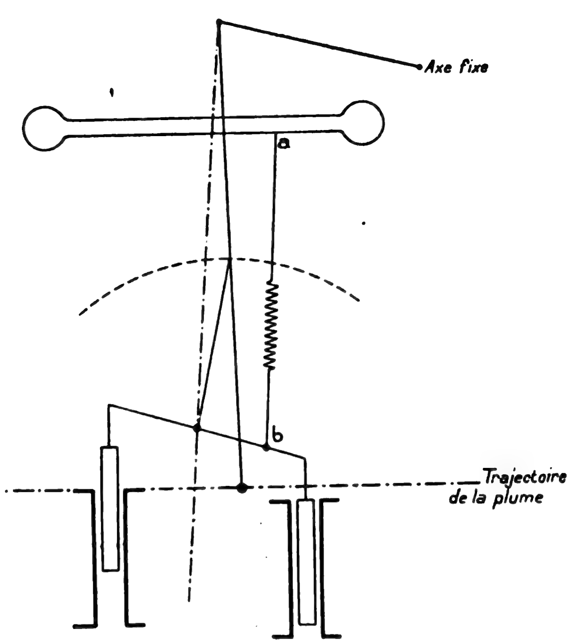


Fig. 3. — Schéma du dispositif d'entrainement de la plume.

Le courant était monophasé, 42 périodes, tension 110 volts.

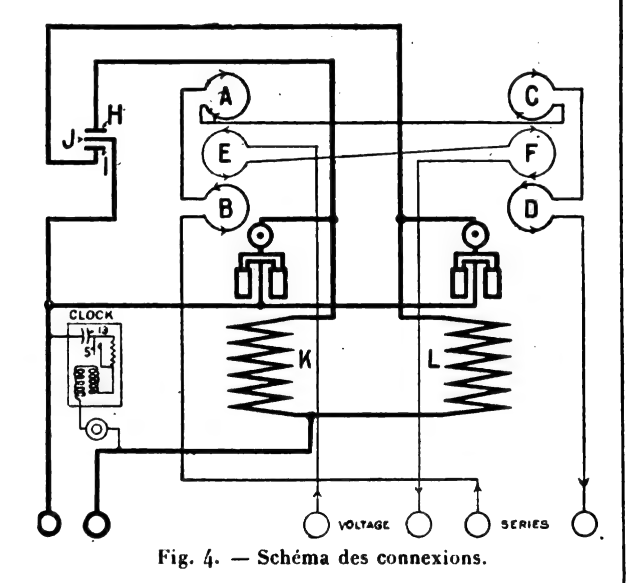


Fig. 4. — Schéma des connexions.

La résistance de l'enroulement à fil fin du wattmètre était de 67,6 ohms à 17°.

(¹) Au laboratoire de l'École nationale supérieure des Mines.

La résistance placée en série était de 1330 ohms à 17°.

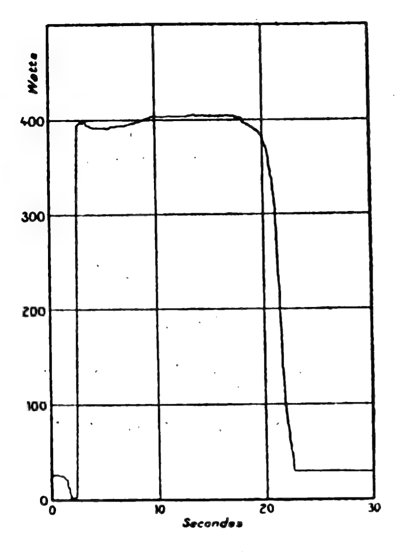


Fig. 5.

Le courant envoyé dans les électros de manœuvre était du courant continu ; de même pour le remontage automatique.

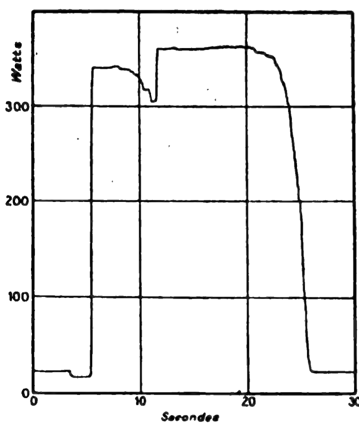


Fig. 6.

Les électros seuls absorbaient ainsi 0,12 ampère et le remontage automatique 0,1. L'amortissement a été réduit pour permettre l'enregistrement sous régimes assez variables et la vitesse donnée au déroulement du papier a été d'environ 0,25 cm : sec.

La figure 5 est relative à la puissance absorbée par un arc et sa self, réglé à la main.

La figure 6 représente le tracé obtenu avec le même courant et des charbons de 8^{mm} au lieu de 5^{mm}.

La figure 7 montre le tracé obtenu en enregis-

trant la puissance absorbée par une commutatrice monophasée sur le Secteur de la Rive gauche; le réglage de l'excitation étant fait au voisinage de l'intensité minima; il y avait un *pompage* assez caractérisé.

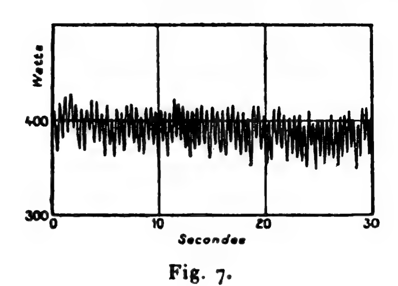


Fig. 7.

Dans la figure 8 on voit le tracé obtenu pour la même machine en faisant varier d'une façon continue l'excitation (courbe en V).

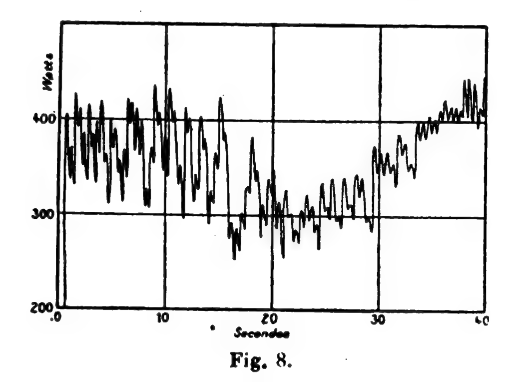


Fig. 8.

Enfin la figure 9 indique l'enregistrement effectué sur la même machine, mais après augmentation de l'amortissement. Le trait obtenu est alors un trait moyen.

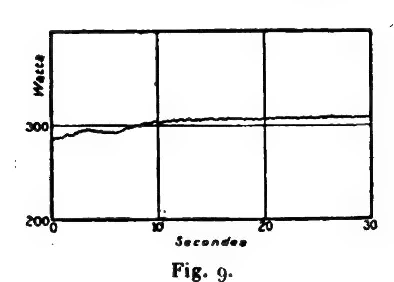


Fig. 9.

P. BOURGUIGNON.

DIVERS.

Magnétomètre pour l'essai des fers, par ERICH HAUPT. Communication au Verband Deutscher Elektrotechniker à la séance du 26 mars 1907 (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVIII, 31 octobre 1907, p. 1069). — Cet appareil est basé sur l'emploi d'un système magnétique rigoureusement astatique, qu'on obtient en disposant, parallèlement et en sens inverse, deux fils d'acier aimantés de 15^{cm} de longueur, réunis par des brides en aluminium (*fig.* 1 et 2).

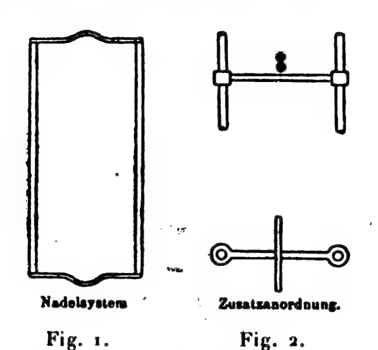


Fig. 1. Fig. 2.

Nadelsystem = Aiguille astatique.
Zusatzanordnung = Dispositif accessoire.

Au milieu de la bride supérieure se trouve le crochet qui sert à suspendre l'équipage. L'astasie dépend, évidemment, de la régularité des fils d'acier; car s'ils ont, sur toute leur longueur, même diamètre et s'ils sont plongés dans un champ uniforme, les lignes de force se répartissent également autour des extrémités où ils engendrent des pôles d'égale intensité. Si l'une des aiguilles est moins aimantée que l'autre ou même vient à perdre son aimantation, l'astasie du système n'en est pas pour cela troublée. On remarque seulement quelques oscillations quand l'équipage est suspendu à un fil de cocon; on les évite complètement par le dispositif suivant. Les milieux des aiguilles sont reliés par un fil de cuivre autour duquel peuvent tourner deux petits aimants, montés sur l'axe par leur milieu. Normalement, ces aimants filiformes sont perpendiculaires au plan de l'équipage et superposés avec leurs pôles de noms contraires en regard. Pour réaliser l'astasie absolue, il suffit de les déplacer d'un certain angle.

L'appareil complet est représenté par la photographie de la figure 3. Entre les pôles supérieurs et inférieurs sont disposés deux solénoïdes identiques, parcourus dans le même sens par le même courant, de sorte que les couples qu'ils exercent sur l'équipage mobile se compensent exactement. Sous l'influence d'une éprouvette introduite dans l'un des solénoïdes, le solénoïde inférieur par exemple, l'aiguille est déviée; on la ramène au zéro en opposant au couple directeur la torsion d'un ressort spiral fixé d'une part au bouton d'un tambour divisé et, d'autre part, à l'aiguille elle-même; celle-ci porte, en outre, un index qui doit coïncider avec un trait de repère quand l'appareil est au zéro; le réglage se fait au moyen d'un deuxième bouton de diamètre plus faible que celui du tambour. A la suspension par fil de cocons on a préféré un pivotage sur pointe d'acier. Ce dispositif rend superflus les barreaux additionnels devant assurer l'astasie; ceux que l'on voit sur la figure ne sont pas aimantés.

Pour faire une expérience, on procède d'abord à la mise au zéro des deux graduations, puis on introduit

l'éprouvette dans la bobine, on fait varier le courant dont les intensités successives sont lues sur un milliampèremètre; on relève les angles de torsion correspondants et l'on possède ainsi tous les éléments nécessaires à la construction de la courbe d'aimantation, pour laquelle on porte en abscisses les i, et en ordonnées les angles. L'auteur s'est rendu compte que la bobine supérieure ne modifie en rien le champ de la bobine inférieure et que ce champ est toujours donné par la formule $0,4\pi n_1 i$.

La détermination en valeur absolue de l'aimantion

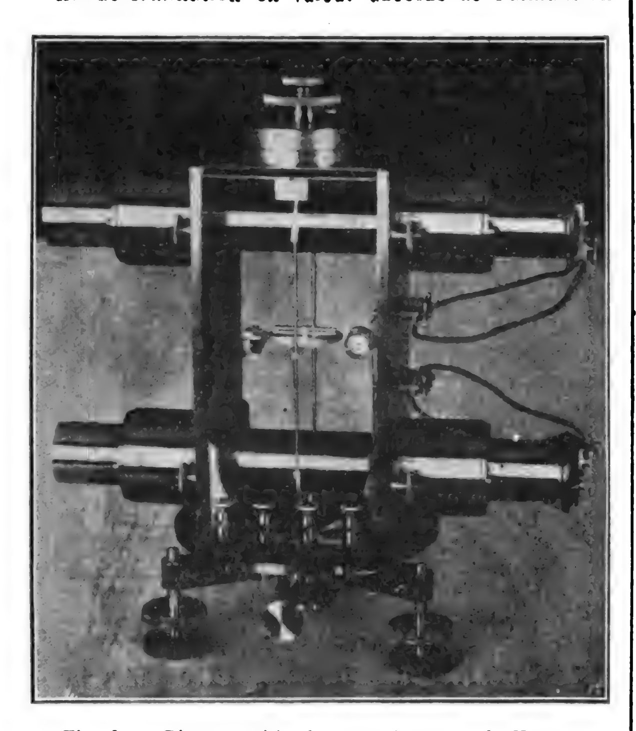


Fig. 3. — Photographie du magnétomètre de Haupt.

exige un étalonnage préalable. A cet effet, on relève avec l'appareil la courbe d'aimantation d'une tige de fer de 10^{cm} de longueur et 2^{mm} de diamètre dont on connaît déjà une courbe d'aimantation absolue par un autre procédé. On ramène les deux courbes à la même échelle, en prenant comme facteur de réduction le rapport des forces coercitives qui est ici 100 : 2.

Sur la courbe étalon réduite, on cherche l'intensité d'aimantion I correspondant au champ de 50 gauss; on divise le nombre trouvé par l'angle dont il a fallu tourner le tambour pour ramener l'aiguille au zéro sous l'influence du même champ. Le quotient ainsi obtenu est ensuite multiplié par les différentes torsions données par l'appareil et, s'il y a proportionnalité entre ces torsions et l'aimantion, on doit retrouver une courbe identique à la courbe étalon. Les graphiques de la figure 4 montrent une concordance très satisfaisante entre les deux courbes : la courbe en traits pleins est la courbe normale, la courbe avec les croix est la courbe de l'appareil.

L'auteur a poussé plus loin encore la vérification pour s'assurer que ce facteur de proportionnalité était indépendant des propriétés magnétiques du barreau; à cet effet, il a expérimenté, avec son magnétomètre, une tige d'acier de mêmes dimensions que l'éprouvette de fer doux et dont la courbe d'aimantation était con-

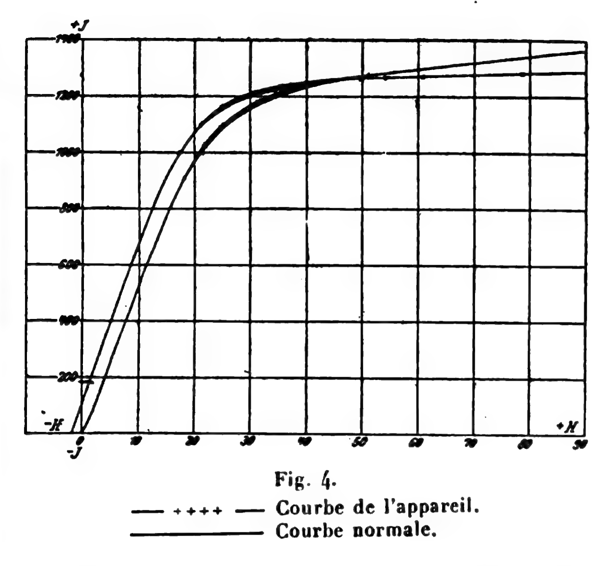


Fig. 4.
—— + + + + —— Courbe de l'appareil.
———————— Courbe normale.

nue. En multipliant les angles de torsion par le facteur de proportionnalité déduit de la première expérience, il a établi une courbe d'aimantation se superposant presque rigoureusement à la courbe étalon réduite. On constate seulement un léger décalage dans les branches descendantes et dans les valeurs de la force coercitive, qui provient de ce que, dans l'appareil, on n'a pas poussé jusqu'au maximum d'aimantation.

Il est donc possible d'étudier, avec ce dispositif, les matériaux magnétiques les plus différents, et si l'on ne les emploie que sous forme de barreaux toujours de mêmes dimensions, on pourra substituer à la division en degrés une graduation empirique donnant directement les intensités d'aimantation.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que des barreaux courts; avec des barreaux longs ou des rubans de tôles pour transformateurs, on obtient encore à la vérité de belles courbes d'aimantation; mais elles ne se prêtent à aucune détermination absolue. Cependant, sans augmenter les dimensions des bobines, on peut en déduire une valeur moyenne du champ, en relevant l'intensité du courant nécessaire pour annuler la force coercitive connue d'un ruban de tôle en acier à aimant.

Le contrôle de ce procédé d'étalonnage a été réalisé dans les laboratoires de l'Administration des Télégraphes. On agit sur la sensibilité de l'instrument en changeant le ressort. La longueur efficace de l'aiguille, ou distance des pôles, est ici invariable; elle est calculée de façon à avoir le plus grand couple de rotation pour une tige de 5^{cm} de longueur. L'expérience a montré que les mesures sont peu influencées selon que l'éprouvette occupe ou non le milieu du solénoïde; elle peut

même déborder légèrement. Enfin cet appareil a l'avantage précieux d'être petit et très maniable ([1]).

Après cette Communication, le professeur Gumlich prend la parole pour féliciter l'auteur de son ingénieuse invention appelée certainement à rendre de grands services en Électrotechnique. Il lui reproche cependant d'exiger, pour l'étalonnage, l'intermédiaire d'un fer déjà connu; or la préparation d'une éprouvette est un travail qui présente une très grande incertitude, notamment quand il faut lui donner différentes dimensions. A la vérité, on peut soumettre, à l'essai d'un magnétomètre ordinaire, une éprouvette assez grande et homogène, soit ellipsoïdale, soit cylindrique ; mais dès qu'on cherche à la décomposer en éléments de plus faibles dimensions, on ne sait plus ce qu'on possède comme échantillon; car tout travail mécanique, principalement sur les petits objets en métal très doux, entraîne de grandes variations dans les propriétés magnétiques. Le simple fait de couper, arracher ou scier des tôles de dynamos occasionne des différences de plus de 20 pour 100 dans la valeur de la force coercitive.

Le professeur Gumlich attire encore l'attention de la Société sur une cause d'erreur inhérente anx méthodes magnétométriques et qui se remarque surtout dans l'essai des aciers très doux; l'aimantation par sauts donne des résultats différents de ceux de l'aimantation continue. Il a réussi à préparer un fer magnétiquement très doux, dont la force coercitive ne dépassait pas 0,5 environ. En le soumettant à un champ variant d'abord par sauts faibles, puis par sauts plus grands, il a trouvé 0,4 et 0,2 pour la force coercitive, tandis qu'une variation continue très lente lui a redonné le nombre 0,5. De pareils écarts masquent évidemment toutes les autres causes d'erreurs. On doit donc, avec l'appareil actuel comme avec tous les magnétomètres, s'en tenir rigoureusement à ce dernier procédé.

Le même appareil, mais de construction plus grossière, se prête aussi bien à l'essai des tôles pour transformateurs ; il suffit d'employer des champs plus intenses, un ressort plus fort et un pivotage moins sensible, ce qui diminue encore son prix de revient. On le construit pour une longueur d'éprouvette déterminée et l'on étalonne avec une tôle connue à laquelle on rapportera toutes les autres. B. K.

Pyromètre enregistreur Wologdine (*Génie civil*, t. LII, 7 décembre, p. 99-100, d'après la *Revue de Métallurgie*). — Ce pyromètre est une modification de l'appareil de Roberts-Austen. Ce dernier se compose d'un couple et d'un galvanomètre Le Chatelier et d'un châssis photographique qui se déplace dans le sens vertical avec une vitesse constante sous l'action d'un mouvement d'horlogerie; le pinceau lumineux réfléchi par le miroir du galvanomètre donne ainsi sur la plaque photographique une courbe dont l'une des ordonnées dépend de la température et dont l'autre ordonnée est proportionnelle au temps. Cet appareil est coûteux; en outre, à cause des frottements, le déplacement de la plaque photographique s'effectue difficilement. M. Kournakoff a évité ce dernier inconvénient en remplaçant la plaque par un tambour tournant, mais cette modification n'a pas abaissé sensiblement le prix de l'appareil.

Dans l'enregistreur Wologdine, la plaque photographique est fixe; suivant un procédé souvent appliqué dans d'autres appareils enregistreurs, le rayon lumineux déjà réfléchi sur le miroir du galvanomètre est déplacé verticalement par réflexion sur un second miroir tournant autour d'un axe horizontal; en outre, le déplacement angulaire de ce dernier miroir est obtenu par un dispositif très simple et peu coûteux : normalement au miroir est fixée une tige horizontale s'appuyant sur l'extrémité supérieure d'une tige verticale, elle-même fixée à un flotteur de liège convenablement lesté et placé sur l'eau d'un vase d'assez grand diamètre; ce vase communique avec un tube plus étroit dans lequel s'écoule, avec un débit constant, l'eau d'un flacon de Mariotte; on obtient ainsi une élévation du flotteur proportionnelle au temps et par suite un déplacement angulaire du miroir pratiquement proportionnel au temps pour de petits déplacements. Un enregistreur de ce genre a été installé, par la maison Pellin, au Collège de France pour l'étude des points de transformation des métaux et de leurs alliages.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils de mesures divers : MAY. BP. 1163, 1906. — NADLER ET NADLER. BP. 725, 1907. — NORTHRUP. BP. 11262, 1907. — PERRET. BP. 20056, 1906. — ROLLER. USAP. 868128, 25 avril 1906. — STONE. BF. 378050, 23 mai 1907 (dispositif amplificateur de courants électriques). — SUMPNER. USAP. 863008, 19 octobre 1905 (électrodynamomètre). — THE LEEDS NORTHRUP C°. BF. 377987, 21 mai 1907 (instrument électrique de mesure). — VARLEY. USAP. 866990, 7 septembre 1905 (appareil du type d'Arsonval).

([1]) Le magnétomètre de Haupt est construit dans les Ateliers électrotechniques de Hans Boas, Berlin N. O.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

EXPOSITIONS, CONGRÈS ET CONCOURS.

Congrès des applications de l'alcool dénaturé. — Ainsi que nous l'avons annoncé, ce Congrès s'est tenu à Paris en même temps que l'Exposition décennale de l'Automobile, du Cycle et des Sports, du 20 au 25 novembre. Placé sous la présidence d'honneur de M. Émile Loubet et la présidence effective de M. Ruau, Ministre de l'Agriculture, ce Congrès s'est divisé en deux groupes principaux : le groupe des sections techniques, présidé par M. A. Loreau, et le groupe des sections économiques, présidé par M. Viger.

Les Rapports et Communications présentés au premier groupe offrent quelque intérêt pour nos lecteurs, car on y a envisagé non seulement l'application de l'alcool à l'alimentation des moteurs d'automobiles, mais encore son utilisation pour la production de la force motrice en général. Nous y reviendrons quand les textes de ces Rapports et Communications nous seront parvenus; disons seulement qu'il est aujourd'hui généralement admis que l'emploi de l'alcool pour l'alimentation des moteurs ne présente aucun inconvénient d'ordre technique; au point de vue économique, il est, à Paris, plus avantageux que celui de l'essence de pétrole, par suite des droits d'octroi élevés que supporte ce dernier combustible, et il est, comme on sait, adopté sur la plupart des autobus; hors Paris, les deux combustibles conduisent à une dépense sensiblement égale par cheval-heure.

Le groupe des sections économiques s'est spécialement occupé des questions de statistique, transport, législation, douanes, etc. Il a formulé vingt-quatre vœux qui ont été adoptés par le Congrès et qui, pour la plupart, tendent à restreindre les formalités administratives qui, jusqu'ici, se sont opposées au développement rationnel de l'utilisation de l'alcool. Les deux autres vœux suivants ont, en outre, été renvoyés à l'examen de la Commission permanente :

1° Que la proposition de loi Bérard et David, augmentant les droits de douane sur les pétroles, soit discutée et votée au plus tôt;

2° Que, dans le cas où l'organisation syndicale des grands raffineurs et importateurs tendrait à augmenter les prix de vente du pétrole, il y soit substitué un monopole d'État.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Programme technique du régime futur de l'électricité à Paris. — A la suite de la publication dans le numéro du 30 octobre (p. 251) de la police-type d'abonnement de l'Union des Secteurs parisiens, quelques-uns de nos lecteurs nous ont écrit pour nous demander de compléter les renseignements publiés par *La Revue électrique* sur le régime futur de l'électricité à Paris [1] par la reproduction du cahier des charges qui règle le régime transitoire actuellement commencé et le régime définitif. Nous ne pouvons, au moins actuellement, leur donner satisfaction entière, à cause de la longueur de ce cahier des charges, et nous prions ceux qui tiendraient à connaître le texte exact des conventions passées entre la Ville de Paris et l'Union des Secteurs, à se procurer le *Bulletin municipal officiel* du 21 mai dernier. D'ailleurs toutes les stipulations du cahier des charges qui concernent les abonnés ont été reproduites dans la police d'abonnement, et, d'autre part, celles qui sont relatives à la partie technique ont été reproduites en une annexe à ce cahier des charges, annexe fort courte que nous donnons ci-dessous.

CHAPITRE I. — *Régime technique.*

Programme général. — Le programme des travaux à exécuter en vue d'assurer le service et le développement des abonnés est établi d'après les principes généraux suivants :

Création de deux usines primaires, l'une au nord, l'autre au sud-ouest de Paris, toutes deux placées sur les bords de la Seine et raccordées à la voie ferrée. Ces usines produiront des courants alternatifs diphasés sous la tension de 12300 volts à la fréquence 42 qui seront amenés soit à des sous-stations transformant le courant primaire en courant continu de basse tension, soit à des transformateurs ou postes de transformateurs abaissant la tension du courant alternatif distribué directement.

Les sous-stations de transformation fourniront du courant continu de basse tension distribué par des canalisations secondaires soit à 3, soit à 5 fils, aux abonnés des réseaux des secteurs actuels de l'Air comprimé et de la place Clichy conservés à 5 fils, de la Compagnie Edison et de la Société Éclairage et Force conservés ou installés à 3 fils.

Les transformateurs d'immeubles et les postes de transformateurs alimenteront en courant alternatif les abonnés des réseaux des secteurs actuels des Champs-Élysées et de la Rive gauche, ainsi que les parties périphériques des secteurs actuellement desservis en courant continu.

La tension sera dans tous les cas de 110 volts par pont pour le courant distribué aux abonnés autres que ceux branchés sur le courant primaire.

CHAPITRE II. — *Canalisations nouvelles. Distribution.*

Il sera établi au moins 600km de canalisations nouvelles en plus des canalisations existant au 1er janvier 1906 et des canalisations primaires reliant les usines centrales de pro-

[1] Rappelons à ce propos que, dans un article paru dans le numéro du 30 octobre 1906 de *La Revue électrique*, nous avons donné un historique des études et rapports relatifs au régime futur de l'électricité à Paris, historique dans lequel on trouvera la liste des nombreux articles et analyses qui ont été publiés à ce sujet dans ce journal.

duction aux sous-stations ou aux postes de transformateurs. 100km devront être établis avant le 31 décembre 1909 et 100km par an pendant les années 1910, 1911 et 1912.

Le surplus sera exécuté avant 1920 à l'époque qui sera fixée par délibération du Conseil municipal sans que la disposition de l'art. 28, § 3°, soit applicable à la dépense en résultant.

Les deux tiers au moins des canalisations nouvelles devront être établies dans la zone teintée en bleu et en rose au plan annexé à la présente convention (3e, 4e, 5e, 11e, 12e, 13e, 14e, 15e, 16e, 17e, 18e, 19e et 20e arrondissements).

Les travaux de canalisations nouvelles, établies conformément au paragraphe précédent, devront être exécutés, autant que possible, d'abord dans les quartiers non encore canalisés.

Les canalisations primaires à haute tension seront établies en vue de la distribution du courant adopté pour le régime futur (diphasé à 12300 volts et 42 périodes). Provisoirement et là où il sera nécessaire, la tension serait abaissée à 3000 volts pour utiliser les canalisations actuelles jusqu'à leur remplacement.

La distribution se fera :

1° Pour la zone à courant continu, à l'aide de sous-stations qui seront établies aux emplacements ou dans le voisinage des usines et sous-stations actuelles;

2° Pour la zone à courant alternatif à l'aide :

a. De postes principaux de transformateurs qui seront destinés à abaisser la tension de 12300 à 3000 volts;

b. De postes secondaires de transformateurs destinés dans les quartiers à forte densité à abaisser la tension primaire à 2 × 110 volts;

c. De transformateurs individuels d'immeubles abaissant la tension à 110 volts qui comprendront ceux actuellement installés et ceux qui seront ultérieurement installés dans les quartiers à faible densité.

Les nouveaux postes transformateurs seront établis dans les immeubles municipaux ou dans des emplacements situés sur ou sous la voie publique.

CHAPITRE III. — *Programme d'exécution.*

Le programme d'exécution des usines, le type des chaudières, machines à vapeur et dynamos génératrices qui seront installées, seront déterminés par le Préfet de la Seine, sur avis de la Commission de contrôle, et d'accord avec la Compagnie chargée du régime définitif.

Les limites des zones de distribution des systèmes à courant continu à 3 fils, à courant continu à 5 fils et à courant alternatif, le nombre, le type et l'emplacement des sous-stations et des postes de transformateurs, ainsi que le programme d'établissement des canalisations, seront déterminés par le Préfet de la Seine, sur avis de la Commission de contrôle, d'après les propositions qui seront présentées par le Comité de l'Union des Secteurs, après accord avec la Compagnie chargée du régime définitif.

Le tout conformément au régime technique décrit au Chapitre I de la présente annexe.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy. — Des rapports présentés à l'Assemblée générale ordinaire du 31 octobre 1907, nous extrayons les renseignements suivants sur la situation de la Société au 30 juin 1907.

EXPLOITATION. — Le nombre des abonnés a passé de 9593 à 10470, soit une augmentation de 877 clients, ayant ensemble 58841 lampes.

Les travaux neufs se sont élevés à 498635fr,35, répartis comme suit :

	fr
Usine	85710,15
Branchements	145036,95
Compteurs	53552,05
Stations régulatrices	1749,00
Réseau	203852,05
Voies privées	8735,15
	498635,35

Au 30 juin le réseau s'étendait sur 106km,199 comportant une longueur de câbles de 612km,145.

Le Tableau suivant donne la situation des branchements au 30 juin de 1903 à 1907 :

	1903.	1904.	1905.	1906.	1907.
Branchements extérieurs	2989	3130	3266	3380	3535
Colonnes montantes	1665	1734	1785	1861	1931
Branchements intérieurs simples	1532	1637	1728	1800	1913
Branchements intérieurs sur colonnes montantes	7171	7945	8742	9589	10585

Le nombre des logements desservis par les colonnes montantes étant de 10585, chaque colonne dessert en moyenne 5,4 logements.

Le nombre des compteurs en service était de 10617.

Le nombre des ascenseurs était de 525 (en augmentation de 18) dont 305 purement électriques, 67 mixtes et 153 mixtes par compensateur.

Malgré les efforts faits pour le développement du chauffage électrique, l'augmentation a été faible : la puissance installée était équivalente à 4728 lampes de 10 bougies (au lieu de 4554 lampes l'an dernier).

La charge des automobiles électriques a produit une recette de 107248fr,55.

Le nombre des lampes installées, réduites en lampes de 10 bougies, s'élevait à 523516, en augmentation de 58841 sur l'an dernier. La moyenne des lampes par abonné était de 49,6. Le nombre des lampes de 10 bougies par mètre de canalisation était de 5,27, contre 4,70 en 1906.

BILAN. — L'actif et le passif au 30 juin 1907 sont donnés ci-dessous :

Actif.

	fr	fr
Usine	8547698,25	7963373,50
» moins dépréciation	584324,75	
Réseau ancien	6882309,95	pour mémoire
» moins dépréciation	6882309,95	
Réseau nouveau		6286,55
Voies privées		68853,15
Appareillage		4252,30
Matériel d'éclairage public		49790,20
Branchements		3415753,85
Compteurs		1379037,85
Stations régulatrices		348446,60
Transformateurs		4812,05
Rue Nollet		7536,85
Magasin, existences à l'inventaire		422492,15
Cautionnements		205736,30
Caisse, espèces	13071,45	2062702,70
Débiteurs banquiers	1602068,35	
Débiteurs divers	447562,90	
Maisons de rapport		694567,10
Valeurs en portefeuille		5519405,25
		22153046,40

Passif.

		fr
Capital		6 000 000 »
Obligations	9 000 000 »	pour
» remboursements	9 000 000 »	mémoire
Réserve légale		600 000 »
» spéciale		1 100 000 »
Amortissement (art. 51 des Statuts)		5 995 087,05
Amortissement industriel		4 124 824,45
Réserve pour amortissement éventuel du portefeuille		2 000 000 »
Provision pour indemnité aux Secteurs abrégés	400 000 »	
Créanciers divers	867 992,55	
Coupons d'actions	2 680,70	1 628 221,95
Coupons d'obligations	1 548,70	
Obligations non encore présentées au remboursement	356 000 »	
Compte de Profits et Pertes		704 912,95
		22 153 046,40

Le portefeuille se compose de :

	fr
10465 actions de 500fr du Triphasé	5 232 500 »
300 » du Nord-Lumière	150 000 »
262 » de l'Électrique de Montmorency	131 000 »
14 obligations Ville de Paris	5 905,25
	5 519 405,25

La provision de 400 000fr pour indemnité aux secteurs abrégés représente la somme estimée devoir être donnée aux secteurs dont la concession expire après le 30 octobre 1907.

Profits et Pertes. — Le détail de ce compte est donné par les Tableaux suivants :

Débit.

Jetons des administrateurs	151 550,95
Rémunération des commissaires des comptes	1 800 »
Intérêts des obligations	114 765 »
Participitation de la Ville de Paris	308 177,15
Gratifications au personnel	213 570,15
Frais de prorogation	103 059,70
Perte subie sur réalisation de matériel	425 491,85
Dépréciation du réseau (solde)	133 309,95
Amortissement industriel	1 624 824,45
Réserve pour amortissement éventuel du portefeuille	275 000 »
Solde créditeur	704 912,95
	4 056 462,15

Crédit.

	fr	fr
Recettes de l'exploitation :		
Éclairage public et municipal	135 432,10	
Éclairage privé	5 520 863,45	6 589 205,30
Recettes diverses	932 909,75	
Dont à déduire :		
Dépenses de l'exploitation	1 308 853,90	2 400 431,85
Courant du Triphasé	1 091 577,95	
Produits bruts de l'exploitation		4 188 773,45
Moins : provision pour l'indemnité à verser aux secteurs abrégés		400 000 »
Produits nets de l'exploitation		3 788 773,45
Plus : intérêts des valeurs en portefeuille et intérêts divers		267 688,70
		4 056 462,15

Les dépenses d'exploitation, 2 400 431fr,85, sont en augmentation de 143 857fr,60 sur celles de 1906; les recettes, 6 589 205fr,30, sont en augmentation de 504 597fr,10; les produits de l'exploitation ont donc augmenté de 360 739fr,50.

Dividende et amortissements. — Le solde créditeur de 704 912fr,95 est réparti comme suit :

	fr
Amortissement du capital, pour solde	4 912,95
Dividende de 5 pour 100	300 000 »
Réserve spéciale	80 000 »
Dividende supplémentaire de 4 pour 100	240 000 »
Conseil d'administration	80 000 »
	704 912,95

Historique de la Société. — A la suite des rapports sur la situation financière, une Note donne un court historique de la Société. En voici quelques extraits :

« Notre Société a été constituée en 1889 au capital initial de 3 000 000fr pour desservir un secteur dont la concession nous avait été donnée par un vote du Conseil municipal du 29 décembre 1888 pour une durée de 18 ans à partir de l'approbation préfectorale. Cette approbation nous ayant été donnée le 16 avril 1889, notre concession expirait le 15 avril 1907, en même temps à peu près que celle des trois autres secteurs....

» Aujourd'hui que notre exploitation individuelle a pris fin, nous croyons intéressant de jeter un regard en arrière et de vous présenter un court résumé de l'existence de notre Société et des résultats qu'elle a obtenus.

» Nous rappellerons d'abord que c'est à la fin de 1888 que le Conseil municipal a rédigé un cahier des charges, indiquant, dans tous les détails, les conditions auxquelles il accorderait des concessions aux Sociétés disposées à soumissionner. La soumission pouvait être faite pour une zone quelconque de Paris, pourvu qu'elle comprît une partie des fortifications, en aboutissant au centre par deux rayons : de là le nom de *secteur*.

» Les concurrents n'avaieut pas à demander des modifications aux clauses du cahier des charges; ils devaient les accepter telles quelles. Ils pouvaient choisir un territoire quelconque, grand ou petit, superposé ou non à d'autres demandeurs.

» On fit un appel au public; mais il ne vint que six concurrents dont deux se retirèrent bientôt faute de pouvoir déposer leur cautionnement. C'est qu'alors l'électricité était peu en faveur auprès des capitalistes, car tous ceux qui avaient cherché à la produire industriellement avaient eu des mécomptes.

» Si quatre Sociétés, cependant, avaient consenti à risquer l'entreprise, c'est que le cahier des charges, à côté de beaucoup de clauses onéreuses ou dangereuses, en contenait une bonne, c'est-à-dire un prix maximum assez élevé, avec la liberté pour les secteurs de l'abaisser plus ou moins dans les cas où ils le croiraient nécessaire au développement de leur industrie. C'est, en effet, une clause essentielle dans cette industrie, si différente de celle du gaz, tant par l'absence de réservoir pratique et économique comparable au gazomètre, que par la facilité relative avec laquelle tout consommateur important d'électricité peut la produire lui-même à domicile. Tel abonné n'utilisera ses lampes que 100 heures ou moins par an; tel autre les fait marcher plus de 3000 heures. Si l'on appliquait à tous le même prix moyen, les consommateurs à longue durée payeraient trop cher, tandis que ceux à faible durée obtiendraient une réduction qu'ils ne demandent pas. On peut dire que cette clause à elle seule a sauvé les

Sociétés; si elles avaient dû, comme pour le gaz, appliquer à tous leurs abonnés le même tarif, elles seraient depuis longtemps ruinées.

» Lorsque, après avoir réuni les 3 millions nécessaires à la formation de notre Société, votre Conseil d'administration eut à adopter un plan général d'exploitation, il posa un principe primordial devant lequel tout devait s'incliner : c'est que, pour réussir, il fallait avant tout rechercher une solution donnant à nos abonnés un service absolument régulier à toute heure du jour et de la nuit et sans aucune interruption.

» A cette époque l'électricité était encore dans l'enfance; on ne connaissait guère que les courants à 110 et à 220 volts qui nécessitaient, pour l'alimentation d'une grande ville, de nombreux centres de production.

» Tout récemment, toutefois, on venait d'appliquer ailleurs avec succès les tensions de 440 volts ou système à 5 fils permettant de desservir, sans grandes pertes, un rayon de 3km. Nous adoptions ce système parce que notre secteur avait un diamètre d'environ 6km et qu'en construisant au centre une usine de production unique, nous pourrions alimenter tout le périmètre avec cette *seule* usine. Le bâtiment devait comprendre aussi les bureaux et tous les services techniques et commerciaux de la distribution. La surveillance de la Direction devait donc être facile et efficace, ce qui permettrait d'atteindre le maximum de perfection dans le service.

» Sur le terrain du 53 de la rue des Dames, d'une surface de 1800m², on installa six machines à vapeur de 500 chevaux actionnant chacune une dynamo engendrant à volonté un courant de 450 à 500 volts et représentant ensemble une puissance de 2100 kilowatts, réserve comprise. Cette puissance maxima semblait largement suffisante, car, ainsi que le disait notre Rapport de 1891, toutes nos espérances visaient alors à arriver un jour à alimenter 60000 lampes.

» Dans le but d'avoir une exploitation plus économique nous demandâmes à la Ville de Paris de nous vendre l'eau nécessaire à la condensation, mais M. Alphand nous déclara que, pour pouvoir nous livrer aux Batignolles la quantité d'eau qui nous serait nécessaire, la Ville devrait dépenser beaucoup trop d'argent. Il n'avait du reste aucune confiance dans le développement de l'électricité, pas plus que M. Thiers dans celui des chemins de fer. M. Alphand refusa donc, quel que soit le prix que nous payerions, de nous vendre notre eau d'alimentation. Nous nous adressâmes alors aux puisatiers les plus expérimentés, qui nous déclarèrent qu'ils s'engageaient à trouver de l'eau sur notre terrain, mais de l'eau chaude et par conséquent impropre à la condensation. Il ne restait donc d'autre alternative que d'envoyer notre vapeur d'échappement dans notre grande cheminée et de l'évacuer à l'air libre.

» Tant que notre production fut faible, les inconvénients pour le voisinage furent supportables; mais lorsqu'il fallut mettre en mouvement trois ou quatre machines, nos voisins furent inondés de suie et les réclamations se produisirent de jour en jour plus véhémentes. D'autre part, notre production de courant était fort peu économique, et dès 1897 nous dûmes songer à un changement.

» Nous avons dit que notre grande préoccupation était, dès l'origine, d'arriver à inspirer confiance à nos abonnés et de les assurer qu'il ne se produirait jamais d'interruption. Pour être encore plus rassurés sur ce point, nous installâmes, dès le début, des batteries d'accumulateurs, qu'on charge dans la matinée alors que les abonnés ne prennent que très peu de courant, et qu'on décharge en parallèle avec les machines de production la nuit venue, assurant ainsi une régularité parfaite et pouvant remplacer les machines en cas d'accidents. De plus, nos machines de production ont toujours été arrêtées à minuit et le service du reste de la nuit a été fait par les accumulateurs. Grâce à ces mesures, nous n'avons jamais eu pendant nos 17 ans de marche la plus légère interruption dans l'envoi de notre courant, ni la moindre variation de voltage nuisible à nos abonnés. C'est grâce à cela surtout que notre clientèle s'est beaucoup développée et que nous comptons un nombre d'abonnés bien supérieur à celui qu'on trouve dans toutes les capitales d'Europe à égalité de population.

» Le territoire qui nous a été concédé compte 199000 habitants. Au 30 juin 1907 nous avions en service 523516 lampes de 10 bougies, ce qui représente 2,63 lampes par habitant. Nous donnons ci-après le nombre de nos abonnés au 30 juin 1907, répartis par catégories :

Éclairage commercial........ ...	2257 abonnés
Éclairage domestique............	7364 »
Force motrice..................	718 »
Chauffage électrique............	78 »
Charge d'automobiles électriques..	52 »
Hors secteur....................	1 »
	10470 abonnés

» On voit que c'est l'éclairage domestique qui représente de beaucoup le plus grand nombre d'abonnés; cela tient à la nature spéciale de nos quartiers, notamment du quartier Monceau. Pour cette clientèle, nous avons appliqué le prix fort, soit 0fr,15 l'hectowatt-heure, et ce prix élevé n'a pas empêché les abonnements d'augmenter chaque année. C'est que, notamment dans les ménages riches, l'éclairage électrique, si facile à arrêter, est moins cher à éclairement égal, même au prix de 0fr,15, que les lampes et les bougies.

» La force motrice s'est peu développée chez nous. Cela tient à ce qu'il y a très peu d'usines à moteur mécanique sur notre territoire.

» Il y a cependant beaucoup d'industrie familiale. Notamment dans le quartier des Épinettes, habitent de nombreux petits entrepreneurs de chaussures qui travaillent avec leurs familles et un très petit nombre d'ouvriers pour le compte des bottiers de Paris. Dans d'autres grandes villes d'Amérique ou d'Allemagne, on a remplacé la couture à la main du cuir, si lente et par là même si coûteuse, par des machines à coudre spéciales. Désirant gagner cette intéressante clientèle, nous avons envoyé des agents chez tous les entrepreneurs des Épinettes avec l'instruction d'accorder aux dix premiers qui accepteraient d'installer une machine à coudre mue par le courant électrique : 1° l'installation gratuite de la colonne montante et du compteur; 2° le don de la machine à coudre; 3° le courant électrique gratuit pendant un an. Ces Messieurs pouvaient donc faire un essai qui ne leur aurait rien coûté. Mais la routine a été plus forte et jusqu'aujourd'hui nous n'avons pu réussir à avoir un seul abonné de cette catégorie.

» Nous avons cherché aussi à introduire le chauffage électrique et avons partiellement réussi. Dans un des plus grands cercles de Paris, nous avons pu maintenir dans les salles une température constante sans courants d'air et évacuer toute la fumée produite par des centaines de fumeurs. On n'avait jamais pu obtenir jusque-là ce résultat.

» Le nombre des ascenseurs actionnés par l'électricité augmente tous les jours, ainsi que l'éclairage électrique des escaliers des maisons à loyer.

» Le Tableau ci-après donne le montant annuel des factures de courant privé.

» L'éclairage de la voie publique s'est peu développé. Il compte actuellement 128 lampes à arc et nous procure une recette annuelle de 113194fr,45. L'éclairage municipal avec 81 lampes à arc et 680 lampes à incandescence procure une recette annuelle de 22237fr,65.



ANNÉES.	ÉCLAIRAGE commercial.	ÉCLAIRAGE domestique.	FORCE motrice.	CHAUFFAGE.	AUTOMOBILES.	HORS secteur.	TOTAL.	AUGMENTATIONS annuelles.
	fr	fr	fr	fr	fr	fr	fr	fr
1re 1889-1890........	»	»	»	»	»	»	»	»
2e 1890-1891........	»	»	»	»	»	»	164 704 »	»
3e 1891-1892........	»	»	»	»	»	»	568 638 »	403 934 »
4e 1892-1893........	»	»	»	»	»	»	863 540 »	294 902 »
5e 1893-1894........	»	»	»	»	»	»	1 119 154 »	255 614 »
6e 1894-1895........	»	»	»	»	»	»	1 413 598 »	294 444 »
7e 1895-1896........	942 985,30	566 082,45	30 654,50	329,10	»	»	1 540 051,35	126 453,35
8e 1896-1897........	1 064 871,10	745 375,20	56 530,35	694,65	»	25 141,40	1 892 612,70	352 561,35
9e 1897-1898........	1 263 993,90	907 090,60	86 369,35	2 811,65	»	31 696,45	2 291 961,95	399 349,25
10e 1898-1899........	1 460 859,25	1 059 239,30	118 774,30	3 703,50	14 126,65	10 462,40	2 667 165,40	375 203,45
11e 1899-1900........	1 836 018 »	1 235 072,10	127 305,55	4 375,40	49 008,75	»	3 251 779,80	584 614,40
12e 1900-1901........	1 954 584,05	1 474 222,10	155 833,40	11 010 »	81 716,80	16 786,35	3 694 152,70	442 372,90
13e 1901-1902........	2 021 949,70	1 569 506,15	177 685,15	3 801,20	93 155,85	25 875,50	3 891 973,55	197 820,85
14e 1902-1903........	2 097 477,45	1 703 386,50	192 898,10	3 701,80	81 918,65	35 132,90	4 114 515,40	222 541,85
15e 1903-1904........	2 221 898,85	1 864 882,65	208 564,55	6 315,60	103 840,65	33 571,60	4 439 073,90	324 558,50
16e 1904-1905........	2 321 786,75	1 896 372,70	258 933,15	7 353,80	123 128,85	30 017,65	4 637 592,90	198 519 »
17e 1905-1906........	2 595 993,55	2 084 069,45	262 744,25	9 255,40	130 638,90	18 596,80	5 101 298,35	463 705,45
18e 1906-1907........	2 870 263,20	2 222 486,10	289 612,50	12 216,20	107 138,15	19 147,30	5 520 863,45	419 565,10

N. B. — Les écritures des années antérieures à 1895 ne donnent que le total général de l'année et, pour reconstituer les montants des catégories, il faudrait un long travail sans grand intérêt.

» Les dividendes distribués aux actionnaires ont été pendant :

Les 2 premières années.....	0	
Les 2 années suivantes......	4 %	du capital versé
Les 7 années suivantes......	5	»
La 12e année................	6	»
La 13e année................	7	»
La 14e année................	8	»
Les 4 dernières années......	9	»

» Ce qui fait une moyenne de $5\frac{1}{2}$ pour 100.

» *Institutions en faveur de notre personnel.* — Voici le résumé des institutions philanthropiques que nous avons été heureux de pouvoir développer pendant la durée de notre existence individuelle :

» Nous avons pris à notre charge les frais médicaux et pharmaceutiques de nos agents malades. En outre, nous avons payé demi-salaire à ceux qui sont ouvriers et le salaire complet aux employés. Cela a été pour nous une charge annuelle bénévole de près de 10000fr pendant les dernières années.

» Conformément à la loi de 1898 nous assurons à nos frais notre personnel contre les accidents qui peuvent l'atteindre. En outre des obligations de la loi qui alloue pour l'incapacité temporaire une indemnité journalière égale à la moitié du salaire à partir du 5e jour, nous avons payé dès le premier jour le salaire entier.

» Nous avons bonifié le salaire intégral à ceux de nos agents qui avaient à faire leurs 28 jours ou leurs 13 jours. Nous avons pris à notre charge les frais d'inhumation et avons donné des secours dans les cas spéciaux. Nous avons également envoyé en sanatorium, à nos frais, 8 agents atteints de tuberculose. Ce chapitre représente une dépense annuelle d'environ 15000fr.

» Dans le but de favoriser l'épargne, nous avons institué dès 1900 une caisse qui bonifie 12 pour 100 d'intérêts pour les dépôts au-dessous de 50fr pour descendre progressivement à 4 pour 100 pour les dépôts de 1000fr et au-dessus. Quand nous avons commencé, il n'y avait qu'un seul de nos ouvriers ayant de l'argent placé; tous les autres n'avaient aucun capital. Aujourd'hui la caisse a 175808fr,60 appartenant à 291 déposants, soit une moyenne de 600fr par tête.

» Depuis l'année 1893 nous avons distribué à la fin de chaque inventaire à tout notre personnel ayant travaillé toute l'année des gratifications représentant un pourcentage du salaire; c'était d'abord 10 pour 100 et cela a été augmenté successivement jusqu'à 20 pour 100. Une forte partie de ces sommes a pu être placée dans notre Institut d'épargne. Le total des gratifications allouées représente 1206395fr,35.

» Nous avons installé une bibliothèque comptant aujourd'hui environ 600 volumes choisis que nous prêtons gratuitement à notre personnel. La distribution a lieu une fois par semaine.

» L'ensemble des sacrifices volontaires faits par nous représente plus de 1 million et demi.

» Nous pensions qu'il en serait tenu compte et que tout notre personnel nous seconderait pour la réalisation de notre but principal, assurer *sans discontinuité* le service de nos abonnés. Malheureusement, le 8 mars dernier, tous nos ouvriers employés à la production du courant électrique ont quitté brusquement le travail à 5h du soir, sans avis préalable, sans formuler aucune réclamation, et l'ont repris 2 jours après également sans rien demander. Nos abonnés n'ont soulevé aucune plainte et n'ont pas demandé de dommages et intérêts, reconnaissant que notre responsabilité dans cette éclipse n'était en aucune façon engagée. »

Compagnie électrique du Secteur de la rive gauche. — Du rapport du Conseil d'Administration à l'Assemblée générale du 21 mars 1907, nous extrayons les renseignements suivants :

Résultats d'exploitation. — Les recettes, dépenses et bénéfices bruts d'exploitation ont été :

	1905.	1906.	Augmentation.
Recettes....	3711125,21	4056912,27	345786,96
Dépenses...	1806242,40	1971832,13	165589,73
Bénéfices.	1904832,91	2085080,14	180197,23

Le bénéfice net de l'exercice 1906 est de 1589488fr,52, en augmentation de 216377fr,99 sur celui de l'exercice 1905.

Les groupes électrogènes installés au 31 décembre 1906 étaient au nombre de 13; leur puissance effective de 10700 chevaux; leur capacité de production 8750 kilovolts-ampères; leur puissance utilisable de 7000 kilowatts. Les travaux de réfection et d'entretien ont atteint 174452fr,54. La production a été de 10438959 kilowatts-heure, en augmentation de 960662 sur celle de 1905; sur cette production il a été relevé aux compteurs des abonnés 5609637 kilowatts-heure, soit 824852 kilowatts-heure de plus qu'en 1905.

La longueur des canalisations primaires s'est élevée à 171310m, en augmentation de 1521m; celle des canalisations secondaires à 20965m, en augmentation de 167m. Les dépenses correspondantes ont été de 48408fr,52.

Le nombre des branchements était de 2086, celui des colonnes montantes appartenant à la Compagnie de 505, celui des compteurs de 7119. Les immobilisations correspondantes atteignaient 3218910fr,12.

La puissance des transformateurs était de 15614 kilowatts; celle des installations desservies, de 15573 kilowatts.

Le nombre des polices signées au 31 décembre 1906 était de 6480 représentant une capacité de 15838 kilowatts, soit 395947 lampes de 10 bougies. Les polices en service se répartissent comme il suit :

	1905.		1906.	
	Nombre de polices.	Capacité en lampes de 10 bougies.	Nombre de polices.	Capacité en lampes de 10 bougies.
Immeubles privés :				
Immeubles	640	23 287	684	24 443
Moteurs ascenseurs	10	10 504	10	10 447
Hôtels particuliers	158	19 713	169	21 223
Ambassades	5	3 624	6	3 638
Appartements	3 303	112 879	3 913	130 698
Immeubles commerciaux :				
Bureaux	148	6 941	162	7 250
Boutiques, magasins	695	34 919	737	40 969
Ateliers	220	17 524	219	18 365
Moteurs	41	24 715	46	29 268
Restaurants, etc. :				
Restaurants	34	2 732	37	2 885
Cafés	89	8 170	91	8 368
Théâtres et concerts	15	9 959	18	14 259
Cercles	12	2 180	11	2 139
Établissements privés :				
Hôpitaux privés	8	1 805	8	1 805
Écoles privées	18	3 296	22	3 513
Établissements religieux	15	3 708	15	3 980
Halle aux vins	100	1 782	109	1 929
Abattoirs rive gauche et hippophagies	34	591	34	596
Établissements de l'État	36	37 738	37	38 792
Établissements du département	6	4 585	6	4 585
Établissements de la Ville de Paris	27	7 927	27	8 397
Assistance publique	16	4 083	17	5 430
Banlieue	13	2 357	13	2 357
Divers	6	1 707	8	4 002
Totaux	5 649	346 7[illegible]6	6 399	389 338

COMPTE D'EXPLOITATION. — Le compte d'exploitation présente les résultats suivants :

	1905.		1906.	
Recettes :				
Vente de courant	3 340 953,44 fr	3 711 125,31 fr	3 651 362,74 fr	4 056 912,27 fr
Location de compteur et de branchement	327 488,88		353 317,71	
Recettes diverses	42 682,99		52 231,82	
Dépenses :				
Exploitation de l'usine	1 084 238,95	1 806 242,40	1 190 441,33	1 971 832,13
Distribution du courant	252 899,91		298 993,70	
Frais généraux et redevances à la Ville	469 103,54		482 397,10	
Laissant comme produit net de l'exploitation		1 904 882,91		2 085 080,14

Le Tableau suivant présente le détail des recettes pour vente de courant suivant les diverses catégories d'abonnés :

ABONNÉS.	1905.	1906.
Immeubles privés	1 058 001,43 fr	1 157 214,37 fr
— commerciaux	956 726,94	998 025,34
Cafés, théâtres et cercles	395 283,60	419 970,52
Établissements privés	59 579,12	65 610,44
Halle aux vins et abattoirs, rive gauche	34 559,20	35 699,00
Établissements de l'État	254 830,28	243 521,80
— du département	104 832,02	107 805,82
— de la Ville de Paris	365 003,99	438 786,93
Banlieue	47 444,93	44 633,15
Divers	64 691, 3	140 095,37
Total des recettes	3 340 953,44	3 651 362,74

COMPTE DE RÉSULTATS. — Ce compte s'établit ainsi qu'il suit :

Produit de l'exploitation		2 085 080,14
Intérêts et escomptes		55 158,38
Total		2 140 238,52
A déduire :		
Intérêts payés aux obligataires	485 975,00	
Différence sur le prix d'émission des obligations remboursées	59 622,50	
Prime de remboursement	5 152,50	
		550 750,00
Bénéfice net de l'exercice		1 589 488,52

D'autre part, il a été amorti, au courant de l'exercice, 1024 obligations, suivant le Tableau d'amortissement pour

une somme de 512000^{fr}, qui ne figurent pas dans le compte ci-dessus.

BILAN. — En voici le résumé :

Actif.

Actif disponible :		
Caisse	16119,00	
Banquiers	1689927,31	
Abonnés	722772,89	
		2428819,20
Actif réalisable :		
Obligations à la souche	41000,00	
Portefeuille titres	5000,00	
Débiteurs divers	28841,21	
		74841,21
Actif réalisable à long terme :		
Cautionnement à la Ville		304612,65
Actif en magasin :		
Approvisionnements		513930,91
Actif immobilisé restant la propriété de la Compagnie :		
Mobilier des bureaux	41906,40	
Terrains	497555,19	
Usine	7500598,79	
Branchements et colonnes montantes	879555,46	
Transformateurs et compteurs	2339354,66	
Installations et matériel divers	276623,23	
Concession de Bercy	148159,21	
		11683752,94
Actif immobilisé revenant à la Ville :		
Canalisation		6549351,78
Comptes d'ordre :		
Impôt sur coupons d'obligations 1907	8701,60	
Loyers d'avance	9000,00	
Assurance incendie	7229,93	
Timbres des polices et quittances	938,30	
		25869,83
Comptes à amortir :		
Différence sur le prix des obligations	1067295,00	
Prime de remboursement des obligations	75030,00	
Compte de premier établissement	1791338,46	
		2933663,46
		24514841,98

Passif.

Passif exigible à court terme :		
Coupons d'obligations restant à payer	18647,49	
Obligations amorties restant à rembourser	18990,40	
Effets à payer	6722,77	
Créanciers et fournisseurs divers	236674,52	
		281035,18
Passif exigible à long terme :		
Abonnés : avances sur consommation		502847,45
Passif de la Société envers les tiers :		
Obligations		9504500,00
Passif de la Société envers elle :		
Actions		9000000,00
Compte de réserve :		
Réserve légale		31077,85
Bénéfices réservés suivant décision de l'Assemblée générale :		
Bénéfice au 31 décembre 1902	116700,87	
Bénéfice de l'exercice 1903	931727,70	
Bénéfice de l'exercice 1904	1184353,88	
Bénéfice de l'exercice 1905	1373110,53	
		3605892,98
Compte de résultats :		
Bénéfice de l'exercice 1906		1589488,52
		24514841,98

NÉCROLOGIE.

J. Laffargue. — Le 26 novembre dernier J. Laffargue a été emporté par une congestion. Il n'avait que 43 ans.

Depuis deux ou trois ans déjà sa santé inspirait quelques inquiétudes à ses proches et à ses amis. Tous lui avaient conseillé de se reposer. Mais travailleur acharné, Laffargue n'avait sans doute pas suivi ces conseils; peut-être n'avait-il pu les suivre tant il était habitué à cette vie de labeur.

Né le 1er juillet 1864, sorti le premier de l'École de Physique et de Chimie, il était choisi dès 1888 comme secrétaire de la rédaction de la *Nature;* depuis cette époque, il ne cessa de collaborer activement à ce Journal dont il devint l'un des directeurs en 1905. En 1890, il créa, pour la Fédération des mécaniciens, des cours d'Électricité pratique qui furent assidûment suivis à la Mairie du IVe arrondissement; devant l'utilité et la vogue de cet enseignement, la Ville de Paris n'hésita pas à le transformer pour son compte en un cours public qui demeura attribué à son fondateur et qui bientôt devint le modèle de nombreux cours du même genre. Ce furent les leçons faites à ce cours qui servirent de bases à la publication du *Manuel pratique du monteur électricien,* connu de tous les électriciens et dont dix éditions, se succédant rapidement de février 1893 à 1907, n'ont pas épuisé le succès.

Attaché par ses fonctions dans les Services municipaux à la direction de l'Usine municipale d'électricité des Halles, puis au contrôle des secteurs d'électricité de Paris, Laffargue fut chargé en 1898 d'une mission en Allemagne en vue d'étudier, en collaboration avec M. Bos, les services d'éclairage électrique de ce pays; son rapport, très documenté, fut publié en librairie en 1899 sous le titre *Distribution de l'énergie électrique en Allemagne*.

Laffargue était encore secrétaire général de la Fédération des mécaniciens-électriciens; pendant de nombreuses années, il fut également secrétaire général de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens; en outre, il était un expert très apprécié dans l'industrie électrique.

En 1900, le 24 juin, à une fête annuelle de l'Association des mécaniciens-électriciens, il recevait la croix de la Légion d'honneur, récompense bien méritée de son inlassable activité.

Dans toutes ses fonctions, Laffargue a été un modèle de scrupuleuse exactitude et de consciencieux labeur. C'est une victime du surmenage intellectuel de notre époque, que regrettent vivement tous ceux qui ont eu l'occasion de se trouver en relations avec lui.

Charles-P. Matthews. — Le professeur Ch.-P. Matthews est bien connu des ingénieurs s'occupant d'éclairage électrique par ses travaux sur la Photométrie. Né le 18 septembre 1867, il est mort le 23 novembre à Phœnix, aux États-Unis.

Dès 1896 il était appelé à l'Université de Purdue comme professeur associé d'Électrotechnique; en 1905 il succédait au professeur Goldsborough comme directeur de cet Institut.

Alfonso Sella. — A. Sella, professeur de Physique expérimentale à l'Université de Rome, vient de mourir, âgé de 42 ans seulement.

Il est plus connu des savants que des ingénieurs. Ses principaux travaux sont relatifs à la propagation de la lumière dans les cristaux magnétiques, à l'influence des déformations mécaniques sur l'aimantation, aux rayons Röntgen; à la radioactivité induite, etc.; plusieurs de ces travaux furent faits en collaboration avec M. Majorana.

Lord Kelvin. — L'Angleterre vient de perdre une de ses sommités scientifiques et industrielles : Lord Kelvin est mort le mardi 17 décembre, à Lags.

Il était né à Belfast, le 24 juin 1824, d'une famille d'origine écossaise. A 11 ans il entra à l'Université de Glasgow, où son père, le professeur James Thomson, occupait la chaire de Mathématiques depuis 1832, puis il continua ses études à l'Université de Cambridge qu'il quitta, muni de ses diplômes, en 1845. Dès l'année suivante, c'est-à-dire à l'âge de 22 ans, il était nommé professeur de Philosophie naturelle à l'Université de Cambridge et déjà ses collègues, ses anciens maîtres, le considéraient « comme le premier homme de science de la nouvelle génération ». Il ne tarda pas, en effet, à écrire des travaux remarquables sur les Mathématiques et sur la Physique, particulièrement sur la chaleur; c'est à cette époque qu'il montra l'utilité de la considération de l'échelle absolue des températures (1848) et qu'il énonça cette loi, appelée aujourd'hui *loi de Thomson,* qui relie la force électromotrice d'une pile à la chaleur dégagée dans la réaction.

Mais une nouvelle voie s'offrit alors à son activité. La télégraphie sous-marine essayait ses premiers pas; William Thomson lui vint en aide en utilisant ses hautes connaissances en Mathématiques à la recherche des conditions de propagation de l'électricité le long d'un câble. Il fit plus : passant du domaine de la Science à celui de l'application, il imagina de nombreux appareils qui ne tardèrent pas à rendre tout à fait pratique la transmission de la pensée à travers les océans. Et cette alliance de la Science et de l'Industrie, il la continua pendant sa longue carrière, créant ou perfectionnant de nombreux instruments de mesures électriques dont les noms n'ont pas besoin d'être rappelés aux électriciens.

Ces travaux remarquables furent appréciés comme ils le méritaient. En 1866 William Thomson était nommé chevalier de Sa Majesté et prenait le titre de sir W. Thomson; en 1892, il recevait une plus haute récompense : le titre de baron Kelvin of Lags. Entre temps d'autres distinctions honorifiques lui étaient accordées : il était grand-croix de l'Ordre royal de Victoria, chevalier de l'Ordre du Mérite d'Allemagne, grand-officier de la Légion d'honneur de France, commandeur de l'Ordre de Léopold de Belgique, etc. Les grandes sociétés savantes et techniques du monde entier tenaient également à le compter parmi leurs membres actifs ou honoraires : il fut président de la Royal Society de Londres, trois fois président de la Royal Society d'Edimbourg; au moment de sa mort il était, pour la troisième fois, président de l'Institution of Electrical Engineers de Londres. Nombreuses aussi sont les sociétés industrielles qui l'avaient choisi comme président de leurs conseils d'administration. Mais l'honneur auquel Lord Kelvin fut le plus sensible a été la grandiose manifestation organisée par l'Université et la ville de Glasgow, en juin 1896, pour célébrer le cinquantième anniversaire de la nomination de Lord Kelvin à la chaire de Philosophie naturelle de l'Université de Glasgow.

Un dernier honneur était réservé à Lord Kevin : l'Angleterre, reconnaissante à celui qui avait assuré sa prépondérance maritime, lui a accordé les funérailles nationales; elles ont eu lieu lundi dernier 23 décembre. L'Académie des Sciences, dont Lord Kelvin était associé étranger, y était représentée par MM. Becquerel, Darboux et Lippmann.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération : Usine génératrice des Houillères de Ronchamp. — D'après le *Journal de l'Électrolyse* du 1er décembre, la Société des Houillères de Ronchamp vient de commencer à mettre à exécution l'idée de la création d'usines génératrices sur le carreau de la mine, en d'autres termes la transmission de l'énergie sous forme électrique au lieu de son transport sous forme potentielle dans le charbon. Cette Compagnie se propose de construire une usine de 30000 chevaux alimentant les régions industrielles des départements de la Haute-Savoie, du Doubs, des Vosges et du territoire de Belfort. Un groupe électrique de 2500 chevaux formé d'une turbine Zœlly et d'un alternateur triphasé a été mis récemment en marche; trois autres de même puissance sont en montage. A la vitesse angulaire de 1500 t : m ces groupes fournissent des courants triphasés à 5000 volts dont la tension est élevée à 30000 volts pour la transmission. Les chaudières sont alimentées avec les déchets de lavage et de triage et, pour le surplus, avec les charbons bruts de la mine.

Usine génératrice a gaz de tourbe de Roslaeu (Norvège). — Malgré des essais nombreux, la transformation de la tourbe en combustible de pouvoir calorifique comparable à celui de la houille n'est pas encore de pratique courante et l'utilisation de la tourbe comme combustible reste confinée dans le voisinage immédiat des tourbières. Dans ces conditions, la transformation sur place en énergie électrique de l'énergie potentielle de la tourbe semble tout indiquée. C'est ce qui a été fait à Roslaeu : la tourbe est gazéifiée dans des gazogènes et les gaz produits alimentent des moteurs à gaz actionnant des alternateurs. L'énergie élec-

trique ainsi produite est transmise à Svedala, Skaberfjoe et autres localités avoisinantes.

Transmission : Ligne a 72000 volts de la Grand Rapids Muskegon Power C°. — Le *Génie civil* du 9 novembre donne, d'après *Electrical World* du 14 septembre, les renseignements suivants sur cette ligne à courants triphasés, qui part du barrage de Roger's Dam, à $9^{km},6$ au sud des grands rapides, dessert les villes de Grand Rapids et de Muskegon (Michigan) et a une longueur totale de 92 milles (148^{km}). La ligne est portée, sur toute sa longueur, par des poteaux en bois et des isolateurs en porcelaine à quatre cloches superposées, le long d'une route spécialement construite pour faciliter son inspection, qui est assurée par deux hommes parcourant constamment cette route sur des voitures légères, portant quelques isolateurs de rechange. Le nombre des interruptions du circuit imputables à des accidents normaux et prévus n'a pas été supérieur à celui qu'on enregistre sur les lignes à 30000 et 40000 volts actuellement en exploitation; les ruptures de câbles les plus fréquentes ont été produites par des coups de foudre. Un grand nombre d'interruptions ont été causées par la malveillance (isolateurs brisés à coups de pierres et de fusil). Les pertes de charge totales entre la station génératrice et les compteurs des consommateurs, c'est-à-dire y compris les pertes de la double transformation au départ et à l'arrivée, et les pertes ohmiques sur la ligne, ont été en moyenne de 23,50 pour 100.

Applications mécaniques : Bobines d'électro-aimants a fil nu. — Nous avons déjà signalé l'emploi du fil d'aluminium nu pour la construction des bobines d'électro-aimants et même des enroulements magnétisants de puissantes dynamo : dans ce cas l'isolement des spires est dû à une légère couche d'alumine qui se forme à la surface des fils. D'après l'*Elektrotechnische Anzeiger*, la maison A. Grolhe et fils de Cologne a appliqué la même idée à la construction des bobines d'électro-aimants à faible courant en fil de cuivre. Elle a parfaitement réussi et évite ainsi la coûteuse enveloppe en soie dont on revêt d'ordinaire les fils de ces bobines. Il est bon toutefois, lorsque les spires forment plusieurs couches, de séparer ces couches les unes des autres par une bande de papier isolant.

Traction : L'état sanitaire du personnel du Métropolitain souterrain de New-York. — Depuis 3 ans, le Dr Soper poursuit une enquête sur l'effet que l'air confiné des tunnels peut exercer sur la santé des employés qui y travaillent Un Rapport publié par le *Street Railway Journal* du 3 août, et que résume le *Génie civil* du 23 novembre, fournit les résultats de ses investigations pendant les années 1905 et 1906. Ce Rapport nous apprend que mensuellement il n'y a pas moins de 25^t de métal transformé, par suite des freinages et autres frottements, en poussière sur une longueur de $33^{km},6$ de tunnels; toutefois, cette quantité de poussières métalliques, bien que considérable, est plus faible que celle qui est observée dans les fonderies et les ateliers où l'on fait usage de matières abrasives; ces poussières métalliques ne sont pas d'ailleurs dangereuses par elles-mêmes; elles tachent le linge de corps par suite de la transpiration; elles pénètrent dans les poumons, mais, d'après l'autopsie faite de cinq agents décédés en service, elles ne s'y trouvent pas en quantité suffisante pour constituer un danger. Malheureusement, elles se trouvent souvent associées à des bactéries pathogènes amenées par les crachats, et l'auteur conclut qu'il faut rigoureusement interdire de cracher, non seulement aux voyageurs, mais aussi aux employés qui, moins que les premiers, respectent la défense qui en est déjà faite. Parmi les autres conclusions, nous relevons : que la chaleur et l'odeur ne sont pas nuisibles, mais qu'il faut se garder des violents courants d'air qui provoquent des maladies des voies respiratoires; que quelques employés gagnaient en poids; que la pleurésie sèche est l'affection la plus fréquente, mais qu'elle reste à l'état bénin et que d'ailleurs les sujets atteints paraissaient prédisposés à la contracter, etc.; qu'en somme, un long séjour dans les tunnels ne peut être considéré comme nuisible à la santé.

Accidents causés par le troisième rail en Angleterre. — D'une enquête effectuée par le Board of Trade il résulte que, pendant les années 1904, 1906 et les huit premiers mois de 1907, les nombres de ces accidents s'est élevé à 87 cas, dont 16 mortels. Sur ces accidents 37, dont 12 mortels, sont survenus à des personnes n'ayant aucune raison légitime pour circuler sur les voies.

Électrométallurgie : La fabrication de l'acier par le procédé Kjellin. — La Gesellschaft für Elektrostahlanlagen, qui concède les licences du four électrique Kjellin-Rochling, vient de céder trois licences, dont l'une à la Société des Aciéries liégeoises, à Bressoux-lès-Liége, une autre à une Société allemande et la dernière à une Société italienne. L'installation belge comprendra 1 four de 200 kilowatts pouvant traiter 1^t: l'installation allemande, 1 four de 500 kilowatts et de 5^t; l'installation italienne, 1 four de 330 kilowatts et de $1^t,6$.

La fabrication de l'acier électrique en France. — Au dernier Salon de l'Automobile se trouvaient exposées un certain nombre de pièces obtenues dans des usines de la Loire en partant de lingots d'acier fabriqués au moyen des procédés Girod. En signalant cette introduction de l'acier électrique au Salon de l'Automobile, notre confrère, le *Journal de l'Électrolyse*, ajoute que des aciéries électriques ne tarderont pas à être installées dans diverses usines métallurgiques en plus de celles bientôt prêtes à fonctionner : Holtzer, le Saut du Tarn, Allevard, etc. En particulier, la Société Girod disposera bientôt à Ugine d'une puissance de 30000 chevaux dont une partie sera utilisée à la production journalière de 30^t à 40^t d'acier qui seront laminées, forgées et moulées dans l'usine même. D'autre part, une filiale de la Société électrométallurgique française s'est, comme nous l'avons déjà annoncé, entendue avec les Forges de Franche-Comté pour la construction d'une aciérie à Fraisans.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES [1].

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

Décharges et Oscillations.

Magnétisme.

Divers.

APPLICATIONS.

Génération et Transformation.

[1] Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes.

Transmission et Distribution.

Applications mécaniques.



Traction et Locomotion.

Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.



Éclairage.

Électrochimie et Électrométallurgie.

Mesures et Essais.



Variétés.

DIVERS.

Sociétés savantes.

Sociétés techniques.

Sociétés industrielles.

Écoles.

Expositions, Congrès, Concours, etc.

Catalogues, Notices et Prix courants.



Documents officiels.

Nécrologie.

Bibliographie.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS [1].

[1] Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes ; la lettre (B) indique une analyse bibliographique.



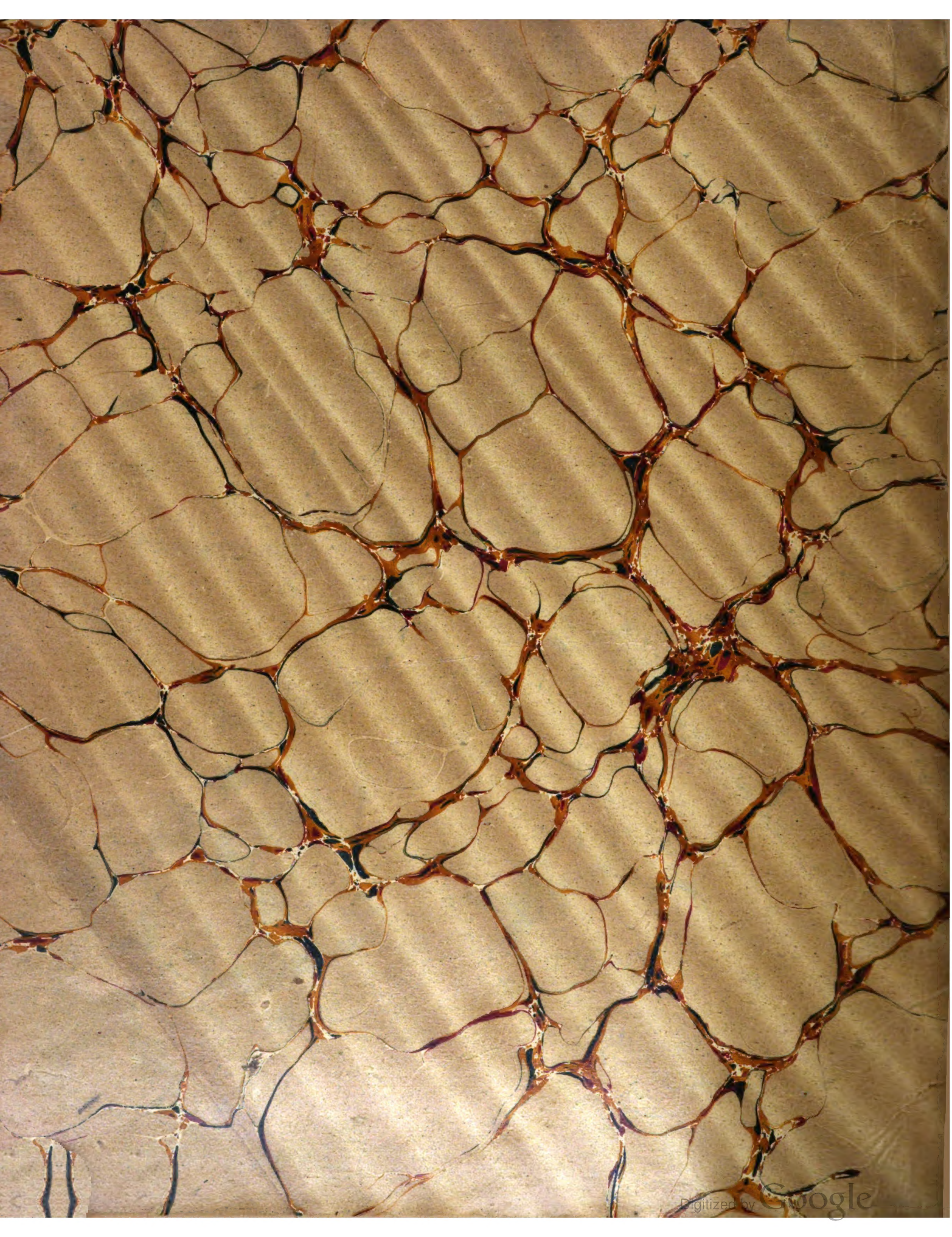

Digitized by Google





FIN DU TOME VIII.

40217 Paris. — Imprimerie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55.




UNIV. OF MICH.
FEB 26 1909
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07493 8690
Digitized by Google

